



**Ricardo Miguel de  
Matos Confraria**

**Implementação e optimização de *Value Stream  
Mapping* no sector automóvel.**



**Ricardo Miguel de  
Matos Confraria**

**Implementação e optimização de *Value Stream  
Mapping* no sector automóvel.**

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor António Carrizo Moreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira**

Professor associado com agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Álvaro Frederico Campos Vaz**

Professor auxiliar do Departamento de Química da Universidade da Beira Interior

**Prof. Doutor António Carrizo Moreira**

Professor auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer os meus pais e ao meu irmão pelo apoio incondicional e pela oportunidade que me ofereceram em poder ter uma formação superior.

Em segundo lugar quero agradecer aos Engenheiros Filipe Nascimento e Nuno Pais por me terem concedido a oportunidade de realizar o Estágio Curricular na C.A.C.I.A., e pelo suporte dado nas mais diversas matérias. Os vossos conhecimentos e a vossa experiência foram cruciais para este projecto.

Em terceiro lugar quero agradecer ao meu orientador de estágio, o Doutor António Moreira, pela sua preciosa ajuda na elaboração deste projecto. A precisão e o rigor que aplicou neste projecto foram uma fonte de inspiração.

Por último, tenho a agradecer aos vários professores e amigos que, das mais diversas formas, me ajudaram a chegar até aqui

## palavras-chave

Fluxo de Valor, "Muda", Criação de Valor, *Lean Production*, Fluxo Contínuo.

## resumo

O presente projecto tem como objectivo fornecer uma ferramenta de gestão completa, de forma a capacitar as pessoas que a utilizem a terem uma fonte de informação valiosa. O *Value Stream Mapping* é uma ferramenta de gestão de fluxos: de informação, materiais e de processos/pessoas, cujo objectivo é o de tornar evidente os fluxos/processos que gerem valor e os que não gerem valor. Assim, e tendo em conta o facto de a C.A.C.I.A. necessitar de uma ferramenta que melhore o seu desempenho, foi proposto a implementação e aplicação desta ferramenta para a fabricação dos principais componentes das caixas de velocidade de 5 velocidades (JR): Árvore Primária, Árvore Secundária, Pinhão Louco de 1ª/2ª/3ª/4ª/5ª, Pinhão Fixo 5ª e Coroa. Uma vez que esta ferramenta é "nova" nesta organização decidiu-se começar por aplicá-la nos seus principais e mais importantes processos de fabrico, podendo, mais tarde, estender este trabalho a outros sectores.

Dessa forma, foram criados os Mapas *Current State* e *Future State*, para cada processo de fabricação de componentes, e ainda o Mapa de todos os processos anunciados.

Na parte final deste projecto encontram-se as conclusões que me foram possíveis de retirar, assim como, uma avaliação da experiência que este caso de estudo me proporcionou.

**keywords**

Value Stream,"Muda", Value Added, Lean Production, Continuous Flow

**abstract**

This project has the goal to supply a managing tool complete, in a way that it capacitates people that use it a valuable source of information. Value Stream Mapping is a tool of stream managing: of information, materials and of process/persons, which target is to standout the processes and streams that generates value and those that does not generate value.

So, and taken the fact that C.A.C.I.A. needs a tool that improves their performance, it was proposed the implementation and application of this tool for the production of the main products of the 5-speed gearbox: Input Shaft, Main Shaft, 1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup>/3<sup>a</sup>/4<sup>a</sup>/5<sup>a</sup> Input Gear, 5<sup>a</sup> Main Gear and Gear Final. Once that this tool is "new" for the organization, it was decided to start by applying in it in the main and most important manufacturing processes, been able to extend this work to others sectors afterwards.

Therefore, it was created the Current State and Future State Maps, for each component manufacturing process, plus the Value Stream Map for all of these announced processes.

In the last part of this project it can be found the conclusions that was able for me to withdraw, along with, an evaluation of the whole experience throughout the case study.

## Índice

Índice de Figuras.....	II
Índice de Gráficos .....	III
Índice de Tabelas .....	III
Abreviaturas .....	V
1. Introdução .....	1
2. Revisão da Literatura .....	3
2.1 Toyota Production System.....	3
2.1.1 O nascimento do TPS .....	3
2.1.2 Aplicar <i>Lean Production</i> no Ocidente .....	9
2.2 O que é o Value Stream Mapping.....	11
2.2.2 Seleccionar uma família de produtos .....	13
2.2.3 Usar a Ferramenta de Desenhar Mapas .....	13
2.3 O Mapa do Estado Actual .....	14
2.3.1 Desenhar o Mapa do Estado Actual.....	14
2.3.2 Cadeia de Valor <i>Lean</i> .....	17
2.4 O Mapa do Estado Futuro.....	23
Aplicações do Value Stream Mapping .....	24
3. Apresentação da empresa .....	26
Os principais produtos e processos.....	27
4. Metodologia.....	35
5. Resultados .....	41
5.1 VSM do Estado Corrente .....	41
5.2 Análise aos VSM do Estado Corrente .....	43
5.3 O VSM Estado Futuro.....	46
5.4 As optimizações.....	54
6. Conclusões e Investigações Futuras.....	69
Conclusões .....	69
Investigações Futuras .....	70
7. Bibliografia.....	71
ANEXOS .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 - O value stream mapping total .....	12
Figura 2 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do VSM .....	14
Figura 3 - Desenho VSM Current State.....	15
Figura 4 - Ícone " <i>Linha Temporal</i> " .....	16
Figura 5 – Sistema de supermercado <i>pull</i> .....	19
Figura 6 - Seleccionar o processo " <i>gargalo</i> " .....	20
Figura 7 - Caixa de Nivelamento da Produção ( <i>Heijunka</i> ) .....	22
Figura 8 - VSM Estado Futuro ( <i>exemplo</i> ).....	23
Figura 9 - Vista explodida da Caixa de 6 Velocidades TL4 .....	26
Figura 10 - <i>Layout</i> do Edifício Caixas de Velocidade .....	29
Figura 11 - Fornos de carbonitruração .....	31
Figura 12 - Máquina de Desempeno .....	32
Figura 13 - Árvores primárias rectificadas .....	34
Figura 14 - Estante <i>Stock Picking</i> .....	34
Figura 15 - VSM Estado Corrente Árvore Primária (excerto do quadro resumo) ..	39
Figura 16 - Linha temporal .....	40
Figura 17 - VSM Estado Corrente Árvore Primária (excerto do fluxo inicial) .....	42
Figura 18 - Célula de Torneamento Árvores Primárias .....	47
Figura 19 - Célula de Talhagem Árvores Secundárias.....	47
Figura 20 - Ponto de stock no processo Torneamento da face do Pinhão Louco 5ª .....	50
Figura 21 - Cálculo do stock máximo para o <i>Stock Picking</i> .....	51
Figura 22 - Carro Transporte.....	56
Figura 23 - Resultados finais da redução do lote de maquinaria.....	61
Figura 24 - <i>Layout</i> da célula de maquinaria Árvore Primária.....	63
Figura 25 - <i>Re-layout</i> da célula de maquinaria Árvores Primárias.....	64
Figura 26 - <i>Layout</i> da célula de Maquinação Árvores Secundárias .....	65
Figura 27 - <i>Re-layout</i> da linha de Maquinação de Árvores Secundárias.....	65
Figura 28 – Sistema de fixação de Árvore Secundária na posição vertical e horizontal.....	66
Figura 29 - Sistema de fixação actual de ARS (Máquina 2005) .....	67



Figura 30 - Tapete de transporte Máquina 2426 .....	67
Figura 31 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes na Talhagem de ARS.....	68

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Resumo gráfico dos valores de stock e material em curso dos VSM ..	45
Gráfico 2 - Redução do stock total .....	53
Gráfico 3 - Redução do Tempo de Escoamento .....	54

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Modelos de Caixas de Velocidades para a Linha 2 e Linha 3 .....	27
Tabela 2 - Designação das referências/modelos .....	28
Tabela 3 - Resultados finais do Tempo de Escoamento e Tempo da Valor Acrescentado do VSM Estado Corrente.....	42
Tabela 4 - Valores stock e material em curso para os VSM's .....	44
Tabela 5 - Variação dos lotes de peças entre os processos da CACIA .....	46
Tabela 6 - Resumo dos VSM criados e cálculo dos ganhos .....	52
Tabela 7 - Resultados finais do Tempo de Escoamento e Tempo de Valor Acrescentado para os VSM <i>Achievable Future State</i> .....	53
Tabela 8 - Compilação de resultados para a média de consumo.....	57
Tabela 9 - Compilação dos resultados para a média de consumo (continuação) .	58
Tabela 10 - Compilação dos resultados da redução do tamanho de lote de maquinação.....	60
Tabela 11 - Compilação dos resultados da redução do tamanho de lote de maquinação (continuação) .....	60

## Anexos

Anexo 1 - Simbologia VSM para o fluxo de materiais, processos e pessoas
Anexo 2 - Simbologia VSM para o fluxo de informação
Anexo 3 - VSM do Estado Corrente: Árvore Primária
Anexo 4 - VSM do Estado Corrente: Árvore Secundária

Anexo 5 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Louco 1ª vel.

Anexo 6 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Louco 2ª vel.

Anexo 7 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Louco 3ª vel.

Anexo 8 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Louco 4ª vel.

Anexo 9 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Louco 5ª vel.

Anexo 10 - VSM do Estado Corrente: Pinhão Fixo 5ª vel.

Anexo 11 - VSM do Estado Corrente: Coroa Diferencial

Anexo 12 - VSM do Estado Corrente: Fluxo Total

Anexo 13 - VSM do Estado Futuro Ideal: Fluxo Total

Anexo 14 - VSM do Estado Futuro Atingível: Árvore Primária

Anexo 15 - VSM do Estado Futuro Atingível: Árvore Secundária

Anexo 16 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Louco 1ª vel.

Anexo 17 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Louco 2ª vel.

Anexo 18 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Louco 3ª vel.

Anexo 19 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Louco 4ª vel.

Anexo 20 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Louco 5ª vel.

Anexo 21 - VSM do Estado Futuro Atingível: Pinhão Fixo 5ª vel.

Anexo 22 - VSM do Estado Futuro Atingível: Coroa Diferencial

Anexo 23 - Layout célula de Maquinação de Árvores Primárias

Anexo 24 - *Re-layout* da célula de Maquinação de Árvores Primárias

Anexo 25 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes na Secção Torneamento de Árvores Primárias

Anexo 26 - *Layout* de célula de Maquinação de Árvores Secundárias

Anexo 27 - *Re-layout* da célula de Maquinação de Árvores Secundárias

Anexo 28 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes nas máquinas de Talhagem de Árvores Secundárias

## Abreviaturas

ARP	Árvore Primária
ARS	Árvore Secundária
CACIA	Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel
CD	Caixa Diferencial
Coroa Dif.	Coroa Diferencial
CQT	Controlo da Qualidade Total
FIFO	<i>First-In-First-Out</i>
JIT/ATT	<i>Just-in-time</i> / Apenas-A-Tempo
MP	Matéria-Prima
MUDA	Termo nipónico que significa “desperdício”
PF5	Pinhão Fixo 5ª velocidade
PL1	Pinhão Louco 1ª velocidade
PL2	Pinhão Louco 2ª velocidade
PL3	Pinhão Louco 3ª velocidade
PL4	Pinhão Louco 4ª velocidade
PL5	Pinhão Louco 5ª velocidade
TC	Tempo de Consumo
TE	Tempo de Escoamento
TGP	Técnico de Gestão de Produção
TMR	Tempo de Mudança de Referência
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TTh	Tratamentos Térmicos
TVA	Tempo de Valor Acrescentado
VA	Valor Acrescentado
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>



## 1. Introdução

O sector automóvel tem sofrido grandes mudanças nestes últimos tempos. A crise económica, a perda de confiança dos consumidores e a variabilidade do preço do petróleo têm sido factores de grande peso nesta indústria. Olhando um pouco para trás podemos constatar que foi na indústria automóvel que foram desenvolvidas algumas das mais importantes técnicas de gestão da produção. Henry Ford, o criador da Ford, foi o primeiro a dar a conhecer alguns métodos de produção *standard*. Mas se Henry Ford foi importante na Era da Produção em Massa, então Taichi Ohno e Shingo Shigeo, engenheiros da Toyota Motor Company, foram cruciais na criação do *Lean Manufacturing* ou *Lean Production*, sintetizado na forma do Toyota Production System (TPS).

Contudo, e principalmente na década de 70, a indústria automóvel não deu muita importância a este sistema produtivo nipónico. O paradigma, neste período, estava na produção em massa (produtos-padrão com manutenção fácil que estimulavam a procura) reduzindo custos na produção de grandes volumes de produtos. Somente depois da crise do petróleo, em 1973, é que a indústria automóvel (e não só) se voltou para aquela que é hoje em dia a maior empresa de automóveis do mundo: a Toyota. Isso não quer dizer que a Toyota não tenha sofrido com a crise de 1973 e com a mudança tecnológica; mas a verdade é que não sofreu tanto quanto os seus concorrentes. Esse facto deixou toda a indústria curiosa: Como é que a Toyota consegue sobreviver à crise? O que é que a Toyota faz e que nós não fazemos?

Nos anos seguintes constatou-se uma grande mudança na indústria automóvel, na constante procura em reduzir os custos das operações sem valor acrescentado e em melhorar a flexibilidade perante a variabilidade da procura, na preocupação de melhorar a quota de mercado e a competitividade. O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma das ferramentas desenvolvidas pelo TPS. Originalmente concebida como uma ferramenta de comunicação, ela evoluiu no sentido de tornar-se uma ferramenta não só de comunicação mas também de gestão, e a sua aplicação não conhece limites. O VSM, como poderemos ver mais à frente, consiste na construção de mapas de fluxos de materiais, informação e de

peças/processos da organização. Existe um Mapa do Estado Actual – a situação em que nos encontramos – um Mapa do Estado Futuro – a situação que queremos atingir – e um Mapa do Estado Ideal – a situação “ótima”, a que visionamos chegar. Dito de outra forma, trata-se de três pontos na evolução: o primeiro ponto é onde estamos, o segundo ponto é o “passo” seguinte na linha de evolução até se chegar ao Estado Ideal, o último ponto. Por vezes, o Estado Ideal é irrealista, a visão de uma *performance* impossível (pelos meios actuais), sendo assim uma forma de pressionarmo-nos a nós próprios a ultrapassar as barreiras evolutivas. É, também, uma ferramenta de análise de desempenho geral, capaz de avaliar a organização internamente – os seus processos – e externamente – os clientes e fornecedores.

Para o projecto em causa, o VSM será uma ferramenta para colmatar a falta de informação das actuais Cartas de Fluxo utilizadas na Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel (CACIA), que são as ferramentas de análise do fluxo de materiais da Renault. CACIA é uma fábrica de mecânica do Grupo RENAULT, sendo por isso a organização ideal desta região para a elaboração deste projecto. O VSM será utilizado exclusivamente para os processos internos de fabricação dos principais componentes da caixa de velocidade JR (5 velocidades): Árvore Primária, Árvore Secundária, Pinhão Louco 1ª/2ª/3ª/4ª/5ª velocidade, Pinhão Fixo 5ª velocidade e Coroa. O VSM dará uma nova visão sobre o desempenho da organização e sobre como podemos eliminar os desperdícios. Para a Universidade e para o aluno é sempre uma vantagem ter a oportunidade de estender o conhecimento científico e de melhorar as capacidades cognitivas e pessoais.

Este projecto está constituído por quatro capítulos. O primeiro capítulo consiste na revisão da literatura elaborada sobre o VSM, com uma contextualização histórica, uma descrição do que é o VSM e como se cria, e de resultados encontrados, em artigos e jornais científicos, na aplicação do VSM. No segundo capítulo encontra-se a metodologia usada na elaboração deste projecto. No terceiro capítulo encontram-se os resultados práticos. No quarto capítulo residem as conclusões deste projecto e as futuras investigações que se julgam ser necessárias.

## **2. Revisão da Literatura**

Nesta secção está concentrada toda a informação encontrada em artigos, livros, jornais e revistas científicas que suportou a elaboração deste projecto. A revisão de literatura tem como objectivo a identificação das bases teóricas que sustentaram a criação do projecto, pretendendo-se que esta secção seja suficientemente abrangente para esclarecer os fundamentos teóricos necessários, sem que com isso se disperse demasiado no tema. Numa primeira parte encontraremos a descrição da forma como o *Value Stream Mapping* surgiu (contextualização histórica), numa segunda parte é explanado o que é *Value Stream Mapping* e como se cria. Por último encontram-se alguns casos de estudo em que o VSM foi usado e quais os resultados obtidos.

### **2.1 Toyota Production System**

#### **2.1.1 O nascimento do TPS**

O *Value Stream Mapping* nasceu no *Toyota Production System*, com o sistema produtivo *lean* (tradução: “magro”), que, segundo Ohno (1988), consiste num conjunto de técnicas e filosofias desenvolvidas por Shingo Shigeo e Taiichi Ohno, engenheiros da Toyota Motor Company. Portanto, antes de conhecermos os fundamentos teóricos do VSM, torna-se relevante conhecer como surgiu este sistema produtivo e como surgiu o VSM. O *Toyota Production System* foi desenvolvido nos anos cinquenta tendo surgido, segundo Womack e Roos (1990), devido a dois factores:

1. A Toyota Motor Company fora descartada pelo governo japonês em construir carros de passageiros na década de 1930, “forçando” a empresa a construir camiões por métodos artesanais;
2. No final de 1949, com a economia japonesa devastada com a 2ª Guerra Mundial, surgiu um colapso nas vendas na Toyota que os forçou a despedir grande parte da sua força laboral, e levou-os a várias disputas entre a administração da empresa e os sindicatos que nesse período ganharam força através das novas leis laborais introduzidas pela ocupação americana.

Depois da Guerra a administração da Toyota comprometeu-se a produzir toda a gama de carros e camiões comerciais e expandir o seu negócio para outros mercados. No início de 1950, Eiji Toyoda (da família Toyoda – os fundadores da Toyota), realizou um estágio de 3 meses numa fábrica da Ford, em Rouge, Detroit, nos Estados Unidos da América, a maior e mais eficiente instalação de produção do mundo. Deste estágio, Eiji retirou diversas ideias para melhorar o sistema produtivo. Mas, já em Nagoya, sede da Toyota, Shingo Shigeo e Taiichi Ohno (engenheiro da produção e um dos criadores do Toyota Production System) facilmente concluíram que a produção em massa não era possível no Japão. Mas o método artesanal também não era solução, porque ficava muito aquém da eficácia e eficiência que desejavam. Tendo isto em conta e os recursos que detinham, Ohno começou a elaborar uma nova aproximação sobre sistemas produtivos.

Ohno (1988), que visitou diversas vezes as instalações da Ford, constatou que todo o sistema produtivo americano estava repleto de “*MUDA*” – a palavra japonesa para desperdício – que se refere a todo o emprego desnecessário e mal direccionado de materiais, tempo e de recursos humanos.

A propósito de *MUDA*, Rich *et. al.* (2006) identificam 7 tipos de desperdícios:

1. **Sobre-Produção:** o desperdício da sobre-produção consiste na acumulação excessiva de produto finais acima do que o cliente pretende. É um tipo de desperdício muito comum nos sistemas produtivos de produção em massa.
2. **Excesso de Inventário:** é uma consequência da sobre-produção. Inventário é um custo para a empresa uma vez que é valor estacionado, que está a depreciar com o tempo sem realizar qualquer valor para a empresa.
3. **Processamento inapropriado:** consiste na estruturação incorrecta entre os processos que são precisos para fazer o produto e os processos que estão actualmente a funcionar.
4. **Transporte Desnecessário:** é outra forma de desperdício, trata-se de todo o transporte desnecessário entre o cais de recepção e o cais de



expedição, que poderá envolver vários quilómetros e horas. Esta actividade também envolve o risco de haver danificação do produto, provocando custos com tempo e dinheiro para a recuperação dos produtos.

5. **Atraso Desnecessário:** trata-se dos períodos de tempo em que o material aguarda entre os vários processos para ser transformado. Muitas vezes este período de tempo não é controlado nem contabilizado.
6. **Defeitos Desnecessários:** tratam-se da produção de materiais que têm de ser recuperados ou tidos como sucata. O custo envolvido com este desperdício terá de ser suportado pela empresa, acrescido ainda pelo facto de a empresa ter de compensar esses materiais/produtos muitas vezes com horas extras, maiores lotes e mais transportes.
7. **Movimentação Desnecessária:** este desperdício consiste no mau estruturação dos processos que origina a movimentações desnecessárias e por vezes sob tensão e esforço dos operadores. Trata-se de um desperdício na ergonomia de operação/posto que tem como maior consequência o risco de provocar lesões nos operadores e, por sua vez, acresce um custo para empresa pelo facto de o operador poder ficar de baixa.

A Toyota foi a primeira empresa a identificar e classificar os desperdícios criados pelas organizações. Este facto, ainda que simples, é de extrema importância porque despertou a consciência de todos os colaboradores de que é necessário eliminar esses desperdícios para que a evolução possa acontecer. Olhando para um dos mais importantes livros sobre o sistema produtivo Toyota escrito pelo próprio Taiichi Ohno (1988: 4), o autor afirma: *“A base do sistema de produção Toyota é a eliminação absoluta de desperdício. Os dois pilares necessários para suportar o sistema são:*

- *Just-in-time*
- *Autonomização, ou automatização com o toque humano.”*

O *Just-in-time* (JIT) consiste em os componentes certos chegarem ao processo correcto no momento preciso e na quantidade necessária. Trata-se de um estado ideal, pois sendo um produto comumente composto por centenas de componentes torna-se uma tarefa demasiado complexa aplicar o JIT em todos os processos e em todos os componentes. O sentido do fluxo de materiais segue de um primeiro processo para o processo seguinte, e cada processo preocupa-se apenas com o seu plano de produção. A ideia de Ohno é olhar para o processo produtivo de forma inversa: seguir o fluxo de materiais do processo final para o processo anterior, sendo que o processo final vai buscar ao processo anterior o componente que precisa, na quantidade necessária no exacto momento. Dessa forma, o processo anterior só deveria produzir os componentes que foram retirados. Foi desta ideia que Ohno (1988) idealizou o cartão *kanban*, um cartão que identifica *o que e quanto, de onde vem e para onde vai*, para que não haja quaisquer equívocos e controlar rigorosamente o fluxo de materiais e a produção de componentes.

A autonomização ou automatização com o toque humano, tal como Ohno (1988) afirma, não se trata de simples automatização, em substituir o operador pelas máquinas. A ideia de Ohno é a de ter máquinas capazes de detectar erros e defeitos sem que para isso seja necessário o operador. O operador só terá de controlar o processo, actuar em caso de avaria, erro ou defeito. Ohno pretendeu assim dar inteligência às máquinas, dando aos operadores a capacidade de operar várias máquinas, aumentando a eficiência produtiva e reduzindo custos. Além do mais, os operadores ficaram dotados da capacidade de parar as máquinas em caso de algum problema e chamar a atenção de todos para a solução desse mesmo problema.

Continuando ainda com o raciocínio de Ohno, a relação entre estes dois pilares do sistema produtivo Toyota é análoga a uma equipa de basebol (Ohno, 1988: 7): *“(...) a autonomização corresponde a habilidade e o talento dos jogadores individuais enquanto o JIT é o trabalho em equipa para atingir o objectivo comum”*.

Perante esta analogia, a autonomização é a capacidade de um indivíduo em solucionar um problema e o JIT é a coordenação dos vários indivíduos para que

executem as suas tarefas no momento exacto e na sua zona de actividade. Portanto, aos gestores e supervisores cabe a responsabilidade de aumentar as capacidades individuais, equilibrar o trabalho de equipa e definir os objectivos.

Para Schonberger (1984) o sistema produtivo japonês baseia-se em duas ideias:

- I. **Controlo da Qualidade Total (CQT):** que consiste no controlo da qualidade em todos os processos, eliminando os defeitos e erros *à priori*, e reduzindo os custos com o re-trabalho e *stock* de sucata.
- II. **Apenas-A-Tempo (ATT):** o já conhecido JIT, que consiste na produção de bens no momento certo, com a qualidade correcta e na quantidade exacta, satisfazendo sempre as necessidades dos clientes.

Mas talvez a mais consensual definição do sistema produtivo japonês é dada por Rich *et. al.* (2006) em que apresenta os 5 princípios do “pensamento magro” (*lean thinking*), desenvolvido ao longo dos anos na Toyota por Ohno, Shingo e Eiji:

1. **Valor:** consiste em compreender aquilo que o cliente quer comprar e o que proporciona a satisfação do cliente/serviço ao cliente. Este primeiro princípio é crucial para a identificação das actividades e operações que acrescentam valor para os clientes e pelos quais os clientes estão dispostos a pagar. É igualmente importante na identificação e eliminação de desperdícios, e no design de produtos – permitindo a criação de produtos adequado às necessidades dos clientes.
2. **Identificar o fluxo de valor:** consiste na identificação do fluxo de valor e das actividades internas que levam a converter uma ordem do cliente na criação do produto e as actividades associadas com a criação de novos produtos para os clientes. Uma vez compreendido o fluxo de valor podemos melhorá-lo, tentando eliminar desperdícios entre os processos e entre actores (fornecedores-fábrica-clientes).
3. **Fazer com que os produtos fluam:** este princípio envolve a ideia de fazer com que a informação e os materiais se mantenham em movimento, sem

que haja períodos de espera ou interrupção. O *stock* parado apresenta um custo para empresa, uma vez que:

- a. Reduz a reposição de inventário;
- b. Deprecia a cada minuto que passa;
- c. É capital parado que não está a ser transformado em proveito.

4. **Produção “puxada” (pull) ao ritmo do consumo:** uma vez que nem sempre é possível ter os produtos imediatamente disponíveis para os clientes, são necessários *buffers*, tanto de produtos acabados como de materiais primas e de *work-in-progress* (WIP). Em alguns casos, a redução destes *buffers* permitem a disponibilidade dos produtos quase instantânea e *lead-times* muito curtos – a este sistema de pequenos *buffers* é chamado de sistema *kanban* na Toyota.
5. **Procurar a perfeição:** porque não somos perfeitos, temos de melhorar continuamente o nosso desempenho, o nosso serviço ao cliente, os nossos produtos, os nossos fornecedores e os nossos pensamentos. A ideia é a de eliminar todos os desperdícios existentes na tentativa de cortar custos e melhorar a rentabilidade económico-financeira.

A identificação de valor é um dos pontos mais importantes na obtenção de um sistema *lean production*, e, como poderemos ver mais à frente, é essencial para a elaboração dos mapas de fluxo de valor. Moden (1993) classificou três tipos de valor que ocorrem dentro do contexto da manufactura:

1. Não-valor Acrescentado (NVA);
2. Não-valor Acrescentado Necessário (NVAN);
3. Valor Acrescentado (VA);

O primeiro tipo de operação é o puro desperdício que envolve todas as acções não necessárias para a criação de valor para o cliente e que devem ser eliminadas no ponto de vista do *lean production*. O Não-Valor Acrescentado Necessário consiste em todas actividades que, apesar de serem desperdício do ponto de vista do cliente, são necessárias para a actividade da empresa e para a manufactura dos produtos. A eliminação deste tipo de actividade envolve,

normalmente, custos de grande significado e com alterações estruturais na empresa. As actividades de valor acrescentado consistem em todas as operações que transforma uma matéria-prima em um produto de valor acrescentado para os clientes. A identificação do valor e, conseqüentemente, do não-valor são os dois principais princípios para a criação de um sistema produtivo *lean*.

No entanto, a melhor definição, na minha opinião, do que é o *lean production* ou *lean thinking* é dada por Bodek no prefácio do livro de Ohno (1988):

*“Just-in-time is much more than an inventory reduction system. It is much more than reducing changeover times. It is much more than using kanban or jidoka. It is much more than modernizing the factory. It is, in a sense, like Mr. Ohno says: making a factory operate for the company just like the human body operates for an individual.”*

### **2.1.2 Aplicar *Lean Production* no Ocidente**

A aplicação do *Lean Production* no Ocidente constituiu alguns desafios para as empresas, pois, o ambiente interno e externo em que se situavam as empresas nipónicas não é o mesmo que as empresas ocidentais. Schonberger (1984) evidencia 5 factores para a implementação de *Lean Production* no Ocidente:

- i. **A consciência do atraso:** Após a 2ª Guerra Mundial a economia do Japão estava devastada. As empresas japonesas tinham a clara consciência de que o seu sistema produtivo não conseguia competir com a indústria estrangeira quer em termos de qualidade como em quantidade. A necessidade de mudar o sistema para se adaptar às necessidades levou a elaboração de um novo paradigma produtivo. Hoje em dia as empresas japonesas estão entre as mais bem sucedidas do mundo. A aplicação do sistema *lean production* permitiu reduções nos custos de produção e no custo de inventário ao mesmo tempo que elevou o nível de qualidade.
- ii. **A determinação na melhoria:** Antes da 2ª Guerra Mundial, o Japão era um país orgulhoso nas suas tradições, nas suas raízes culturais e na qualidade da sua indústria. Depois da 2ª Guerra Mundial, o Japão, tal como os países

Europeus, estavam empenhados em recuperar e revigorar a sua indústria e elevar de novo a era tecnológica. Mas o Japão foi mais ambicioso: não basta voltar para a anterior forma, a ideia é fazer melhor. Esta força de vontade levou aquilo que se chama hoje em dia de melhoria contínua. A ideia de que é imperativo melhorar constantemente para manter a competitividade.

- iii. **A convicção de que a reversão é possível:** Perante o sucesso das empresas nipónicas existe algo que não podemos negar: a sua enorme força de vontade em elevar o estatuto e capacidade das suas empresas. Essa mesma força de vontade é mesma de que as empresas ocidentais precisam para mudar o pensamento e mudar o seu sistema produtivo. Hoje em dia vemos delegações de diversas empresas ocidentais a visitarem as empresas japonesas, a compreender e aprender com elas, com o intuito de transformar essa informação em acções de substancial melhoria nas suas empresas.
- iv. **O know-how:** A força da indústria japonesa reside nas suas filosofias e nas suas técnicas. Por tempos, a indústria ocidental não acreditou que o sucesso nipónico fosse fruto de um sistema produtivo inovador. Na verdade, muitos empresários da altura afirmavam que as razões do sucesso da indústria nipónica vinham da armazenagem de volumes ultra-elevados dos produtos e de benefícios estatais para reduzir o preço de venda nos mercados internacionais. Com o tempo verificou-se que estas suposições estavam erradas. Schonberger (1984) afirma que o sistema TPS, e mais especificamente o Controlo de Qualidade Total, começou com os estudos de Deming e Juran sobre a melhoria continua e o controlo da qualidade. Hoje em dia, e cada vez mais, vemos as empresas ocidentais a assimilarem as técnicas japonesas, confiantes do seu sucesso e rendidas às evidencias.
- v. **O momento:** No mundo dos negócios saber quando arriscar e quando se deve “agarrar” a oportunidade é fundamental. Uma boa ideia num momento errado pode levar ao insucesso. Não se pode dizer que isto seja universal mas a verdade é que para a esmagadora maioria das empresas é a realidade. Foi num momento crítico da história mundial – período pós 2ª Guerra Mundial - que o Japão começou a mudança radical do seu tecido industrial: uma época de reestruturação e recuperação. Este ambiente particular forneceu os

meios necessários para a formação do sistema de *lean production*. Olhando para a indústria ocidental actual podemos constatar que o ambiente empresarial não permite que a mudança radical da estrutura organizacional e social seja uma realidade. Contudo, são inegáveis as evidências de que muitas empresas ocidentais já implementaram muitas das técnicas desenvolvidas pelas empresas nipónicas. Tem sido um processo faseado e moroso, feito com grande cuidado e atenção.

Apesar de tudo, as evidências destacam-se: o sucesso das empresas nipónicas após a 2ª Guerra Mundial não foi um acaso, foi devido à criação de um conjunto de técnicas de filosofias de trabalho que permitiram mudar o pensamento e estrutura das organizações. O mundo tem evoluído desde de então e actualmente as organizações fazem da flexibilidade e da rentabilidade alicerces essenciais para os seus negócios. Com a implementação das várias técnicas e filosofias do *lean production* assistimos à criação de organizações “vivas” (Ohno, 1988), isto é, organizações capazes de reagir a qualquer alteração e adaptar-se rapidamente.

## **2.2 O que é o Value Stream Mapping**

O *Value Stream Mapping* (VSM) surgiu através de Womack e Jones (1996) que descrevem sucintamente aquilo que é *lean thinking*, a conjugação do sistema *lean production* com as orientações culturais e éticas das empresas nipónicas. No cap.11 desse livro, os autores apresentam um conjunto de passos para a implementação do “*lean thinking*”. No passo nº4, “*Map the entire value stream for all of your product families*”, apresentam o conceito de VSM, uma ferramenta visual para a análise da cadeia de valor da organização.

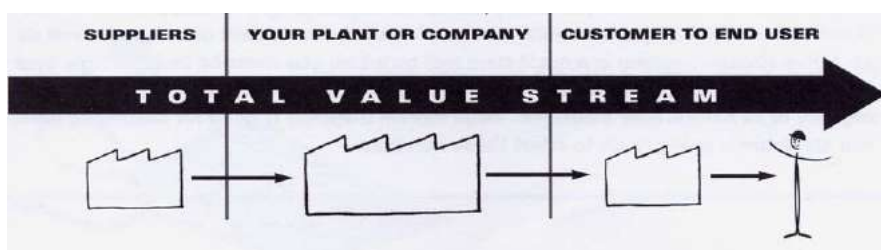
Contudo os autores verificaram que este passo nº4 era muitas vezes ignorado e deixado para trás. O livro “*Learning to See – Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*” (Rother e Shook, 1999) é um dos vários livros que surgiram para eliminar essa lacuna, onde se apresenta uma visão detalhada do que é VSM e como se cria e implementa.

Rother e Shook (1999) procuraram, durante anos, por uma forma de ligar os conceitos e técnicas *lean* e de torná-las mais simples de compreender e de se aplicar. Em conjunto, conseguiram encontrar a resposta: *Value Stream Mapping*. Os capítulos que se seguem foram baseados essencialmente nos livros de Rother e Shook (1999) e Jones e Womack (2002), que são dois livros cruciais na compreensão do que é VSM e como se cria e implementa.

Um fluxo de valor consiste em todas as acções (tanto as que adicionam valor quanto as que não adicionam valor) necessárias para se obter um produto atravessando os principais fluxos essenciais para cada produto:

1. Um fluxo de produção desde da matéria-prima até às mãos do cliente;
2. O design do fluxo desde do projecto até ao lançamento;

A ideia é sermos capazes de olhar para todos os processos, tanto internos à organização como externos – fornecedores e clientes – que levam a transformação da matéria-prima em produto de valor acrescentado (ver figura 1).



Fonte: Rother e Shook (1999).

**Figura 1 - O value stream mapping total**

O desenho do mapa da cadeia de valor é uma ferramenta de lápis e papel que nos ajuda a ver e a compreender o fluxo de material e de informação à medida que as matérias-primas são transformadas em produtos de valor acrescentado. Depois de criado este mapa, resta-nos fazer questões sobre como devem os materiais e a informação fluir, porque é que existe acumulação de inventário, porque é que existem tantos defeitos num determinado processo, etc. Colocando estas questões, estamos também a construir uma visão de como toda a cadeia de valor deveria fluir, isto é, o desenho do estado futuro.



Fazer isto, vezes sem conta, é a forma mais simples – e a melhor – para ensinarmos a nós mesmos e aos nossos colegas como ver valor e, especialmente, as fontes de desperdício. Rother e Shook (1999) afirmam que o VSM é uma ferramenta de grande importância devido ao facto de ajudar a visualizar o fluxo total de valor e de desperdícios. É, também, a única ferramenta que mostra o fluxo de informação e de pessoas, utilizando uma linguagem comum e de fácil compreensão. Outro aspecto de grande importância no VSM é o facto de este não apresentar demasiado detalhe ao ponto de dificultar as decisões. Em suma, o VSM é uma ferramenta que liga os conceitos *lean production* às suas técnicas, de uma forma prática e funcional.

### **2.2.2 Seleccionar uma família de produtos**

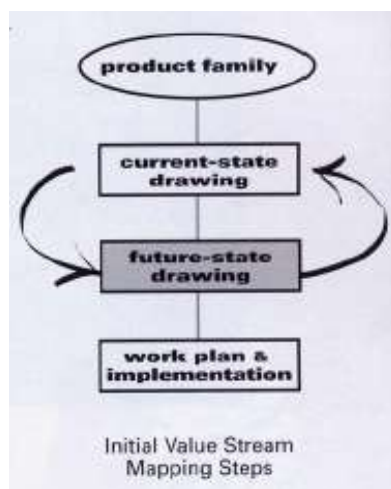
O primeiro passo do VSM é a escolha da família de produtos à qual será realizada o VSM. Uma família é um grupo de produtos que passam por semelhantes processos e por equipamentos comuns. Uma vez que os clientes não se importam com todos os produtos, devemos começar pelos produtos com maior importância para os clientes. Dessa forma estamos a contribuir significativamente para a satisfação dos clientes e contribuimos para a melhoria substancial dos resultados da empresa. Mais tarde, o VSM poderá ser estendido aos outros produtos e sub-produtos.

### **2.2.3 Usar a Ferramenta de Desenhar Mapas**

O VSM pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planeamento, e uma ferramenta para gerir os processos de mudança, mas o VSM é essencialmente uma linguagem e como linguagem a ideia é utilizá-la intuitivamente. A criação do VSM segue os passos apresentados na figura 2. O *Future-State Drawing* está sublinhado, porque o objectivo último é desenhar este mapa e introduzir a cadeia de valor sob os conceitos de *lean production*.

O primeiro passo, tal como foi dito, é desenhar o estado actual, que é feito por recolher informação no terreno. Isto fornece a informação necessária para desenvolver o estado futuro. As setas apresentadas entre o *Current-State Drawing* e o *Future-State Drawing* denotam a ideia de um trabalho contínuo. As ideias de estado futuro surgirão à medida que desenhemos o mapa do estado actual.

Analogamente, desenhar o estado futuro irá evidenciar importantes informações do estado actual que nos escaparam.



Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 2 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do VSM**

No final temos um plano de trabalho para a implementação das acções de melhoria desenvolvidas no mapa visionado no estado futuro. Depois volta-se ao início, isto é, ao desenho do mapa do estado actual. Um dos grandes benefícios do VSM prende-se ao facto deste livrar-nos de todos os processos burocráticos e morosos que nada trazem de valor para a organização.

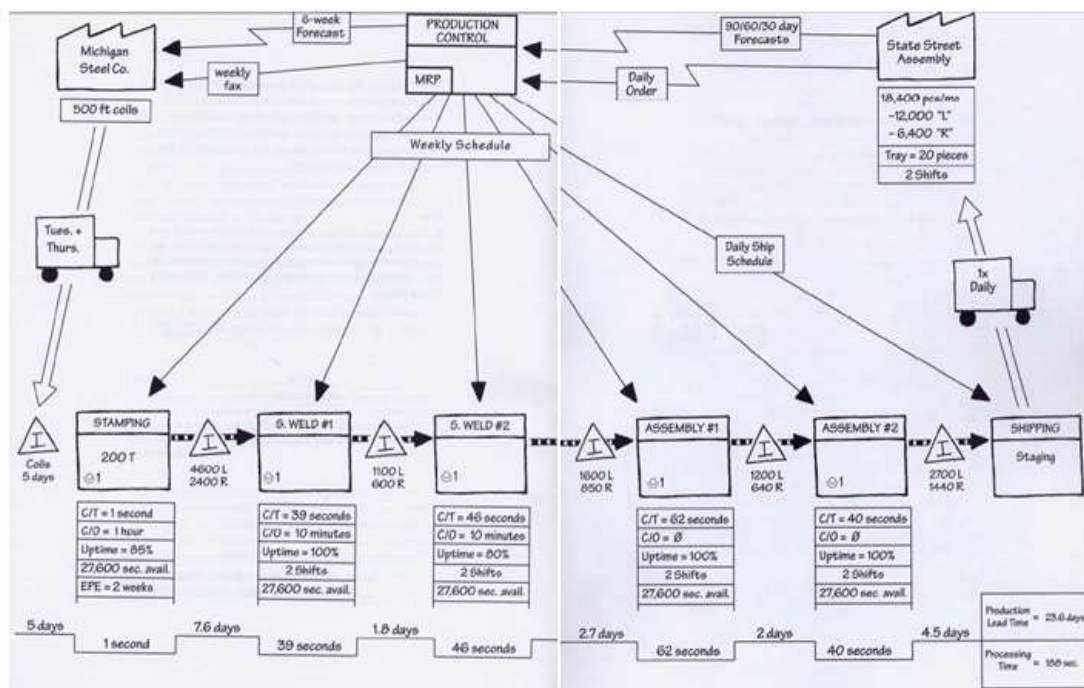
## ***2.3 O Mapa do Estado Actual***

### **2.3.1 Desenhar o Mapa do Estado Actual**

Para desenhar o VSM é necessário utilizar um conjunto de símbolos, ou ícones, para representar os processos e fluxos. Jones e Womack (2002) sintetizam esse conjunto de símbolos que podem ser consultados no Anexo 1 e Anexo 2. No entanto, é possível criar um conjunto de símbolos e ícones específicos para cada organização desde que sejam compreendidos por todos dentro dessa organização.

Uma vez visto o fluxo geral dentro da instalação, podemos mudar o nível de amplificação: ampliar para desenhar todos os passos individuais dentro de uma categoria de processo, ou reduzir para acompanhar a cadeia de valor fora das

instalações. Rother e Shook (1999) sugerem que para criar o mapa do estado corrente se deve começar por uma rápida visita ao fluxo de valor para ganhar uma sensibilidade do sentido do fluxo e dos processos. Depois da rápida visita, volta-se a realizar uma nova visita mas, desta vez, é necessário despende mais tempo e recolher dados pessoalmente. Para a recolha de dados e para a criação do mapa deve-se recorrer ao papel e lápis. Rother e Shook (1999) afirmam, ainda, que é extremamente importante que os dados sejam recolhidos com base visualização pessoal e não com base em valores standard. Dessa forma estamos a representar a realidade e a compreender verdadeiramente como ocorre o fluxo de valor.



Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 3 - Desenho VSM Current State**

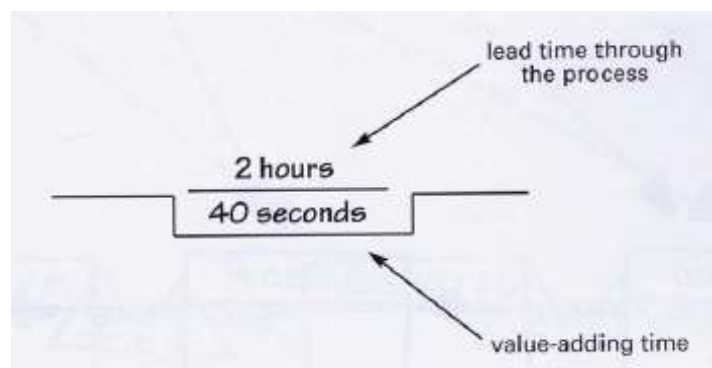
O desenho apresentado na figura 3 representa o VSM do estado corrente para o exemplo da empresa Acme. Podemos identificar claramente o cliente, o fornecedor e os processos. Todos os processos estão identificados e dispõem de dados relevantes para suportar a análise. Geralmente os dados recolhidos, segundo Rother e Shook (1999), são:

- ✓ Tempo de Ciclo (C/T – Cycle Time)
- ✓ Mudança de ferramenta (C/O - Changeover Time)

- ✓ EPE (Every Part Every ...)
- ✓ Nº de operadores
- ✓ Nº de variações de produto
- ✓ Tamanho do lote
- ✓ Tempo de trabalho (sem paragens)
- ✓ Rácio de sucata

O fluxo de materiais e de informação também está claramente identificado e classificado. Para medir a performance da cadeia, Rother e Shook (1999) sugerem a utilização dos seguintes medidores:

1. **Tempo de ciclo** – este indicador consiste na medição do tempo que leva a transformação do componente ou produto por um processo. A este tempo é adicionado ainda o tempo que leva a um operador a realizar todas as suas tarefas antes de repetir o procedimento.
2. **Tempo de Valor Acrescentado** – é o tempo necessário para a adicionar valor ao componente ou produto que o cliente está disposto a pagar.
3. **Tempo de Espera (Lead Time)** – é o tempo que leva a mover um componente desde da chegada até à saída por um processo ou um fluxo de valor.



Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 4 - Ícone "Linha Temporal"**

Estes medidores são representados usando a linha de tempo. Esta linha de tempo consiste numa linha horizontal com os tempos de processo (o tempo

necessário para transformar o produto e chegar ao processo seguinte) ou os tempos de adição de valor (o tempo em que realmente se está a adicionar valor ao produto), e o tempo de espera total (*total lead time*).

Com a prática, desenhar o fluxo de valor tornar-se-á mais fácil, tal como tornar-se-á mais fácil identificar os problemas e as dificuldades e apresentar soluções. O VSM é um caso em que a prática faz a perfeição.

### 2.3.2 Cadeia de Valor *Lean*

Para se compreender realmente aquilo que se pretende fazer, Rother e Shook (1999) fornecem um conjunto de passos e linhas orientadoras para a criação de uma cadeia de valor *lean*. Já vimos que um dos grandes problemas que Ohno (1988) evidenciou na produção em massa com o seu fluxo *push* está na sobreprodução. Este tipo de desperdício é o grande responsável pela acumulação de grandes inventários e por esconder os defeitos e reduzir a reposição de matérias-primas e de produtos finais, aumentando assim os custos de armazenagem e de depreciação.

O primeiro passo, segundo Rother e Shook (1999), é produzir com base no *takt time*. O *takt time* é a frequência com que devemos produzir um componente ou produto baseando-se no ritmo das vendas, para ir ao encontro das necessidades dos clientes. O *takt time* (1) é calculado dividindo o consumo de produtos pelo cliente por turno (em unidades) pelo tempo disponível para produzir também por turno. O *takt time* é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas, particularmente no processo gargalo (*pacemaker process* – o processo que dita o ritmo/compasso).

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Ritmo das necessidades dos clientes por turno}} \quad (1)$$

Supondo que cada turno dispõe de 7,5h de tempo de trabalho e que os clientes consumem 500 unidades de produto final por turno, temos:

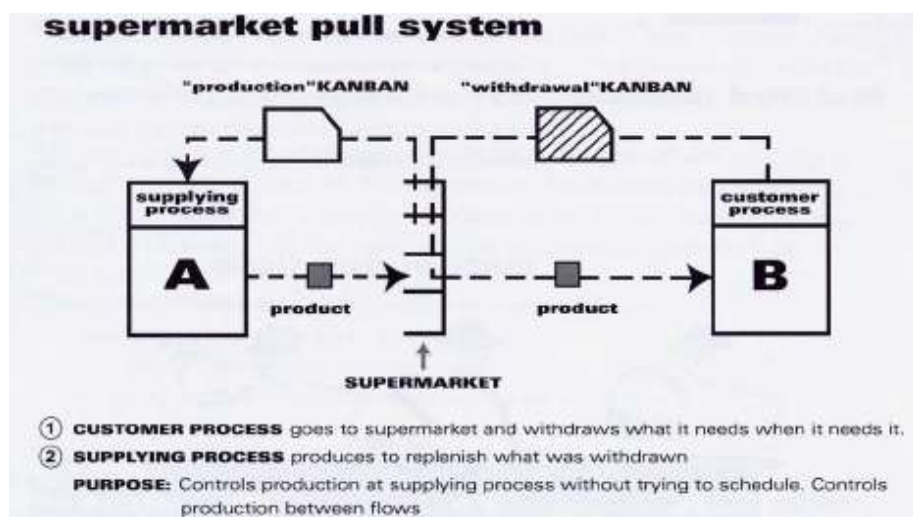
$$Takt\ Time = \frac{(7,5h \times 60min \times 60seg)}{500\ unidades} = 54\ segundos$$

O que significa que a cada 54 segundos um cliente compra um produto, e, este é o valor o qual a produção deverá produzir os seus produtos e componentes. Apesar de ser um conceito simples, a sua aplicação difere. Na verdade é extremamente difícil: produzir a um *takt time* tão reduzido quanto o apresentado no exemplo requer a eliminação/redução dos tempos de mudança de ferramentas, uma rápida resposta a problemas na produção, e a um controlo muito rigoroso de todo o processo produtivo para evitar quaisquer paragens.

O segundo passo consiste em desenvolver um fluxo contínuo sempre que possível. A ideia consiste em manter o material em constante movimentação, em constante adição de valor, passando de um processo para outro quase instantaneamente. Desta forma reduz-se o inventário acumulado entre processos e reduz-se o *lead-time* total.

O terceiro passo designa por usar os supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não é mais possível de implementar. O supermercado consiste numa estrutura que permite armazenar, de forma prática, diferentes produtos e componentes. Este sistema de equilíbrio da produção reduz também a necessidade de enviar múltiplos programas de produção para cada área ou processo produtivo. O processo abaixo do supermercado ao retirar os componentes ou produtos está a indicar ao processo acima o que deverá produzir, em que quantidade e no momento necessário. Segundo Rother e Shook (1999) existem vários motivos para o uso do supermercado:

1. “Alguns processos são designados para operar em ciclos muito rápidos ou muito lentos e precisam de mudar para múltiplas famílias de produtos.”
2. “Alguns processos estão muito longe e expedir uma peça de cada vez não é realista.”
3. “Alguns processos têm muito *lead-time* ou são muito pouco fiáveis para adicioná-los directamente a outros processos num fluxo contínuo.”



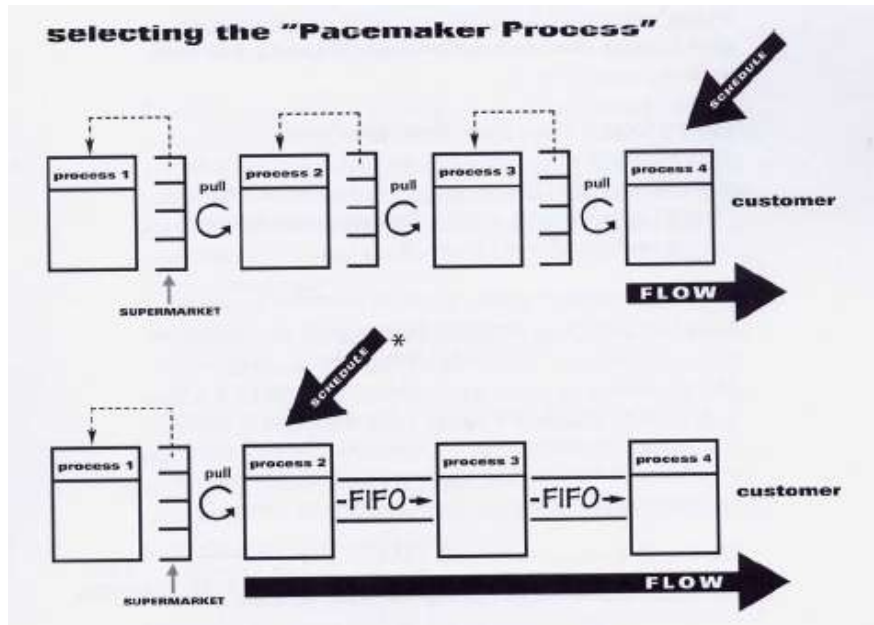
Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 5 – Sistema de supermercado *pull***

Como podemos ver pela figura 5, o sistema de supermercado *pull* aliado ao controlo de produção e de transporte – *kanban* – tornam-se numa ferramenta vital para obter uma produção *lean*. O *kanban* “Reposição” acciona o *kanban* “Produção” para que o processo acima possa repor o produto ou componente retirado. As filas de espera FIFO são também uma ótima forma de controlar a produção entre dois processos ligados, especialmente quando existe pouca variação de produtos.

Tal como foi afirmado anteriormente, ao usar o sistema de supermercado *pull*, iremos necessitar de enviar menos informação para menos áreas ou processos produtivos. Em boa verdade, só será necessário enviar o programa de produção para o processo “gargalo” (ver figura 6). Este constitui o passo número quatro no conjunto de *guidelines* de Rother e Shook (1999): tentar enviar o planeamento da produção para apenas um processo.

O processo gargalo é o processo que dita o ritmo de toda a produção. Realça-se o facto de os produtos e componentes devem ser transferidos do processo gargalo para os produtos acabados em fluxo, ou seja, na transferência para produtos acabados não existem supermercados ou outros sistemas *pull* de produção.



Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 6 - Seleccionar o processo "gargalo"**

Outro problema muito comum na produção descontínua consiste em evitar as mudanças de ferramentas e fazer o mesmo produto por grandes períodos de tempo. Produzir o mesmo tipo de produto por longos períodos provoca a acumulação de inventário ou maiores *lead times* para preencher as ordens dos clientes. O passo número cinco consiste em distribuir a produção de diferentes produtos igualmente durante o tempo no processo gargalo (nivelar o *mix* da produção).

Rother e Shook (1999: 5) definem nivelar o *mix* de produtos como “(...) distribuir igualmente a produção de diferentes produtos durante um período de tempo”. Basicamente, isto consiste em produzir em pequenas quantidades e alternadamente de um produto A e um produto B. Contudo, é necessário atender a alguns aspectos relevantes: as tendências de consumo dos clientes, nº de referências de produto e o tipo de produto. Nivelar o *mix* da produção, em certas empresas, poderá ser mais complicado do que aparenta. Grandes diferenças em termos de tendências de consumo tornam pouco vantajoso nivelar o *mix* de produção. O nº de referências de produto e o tipo de produto são dois factores de grande importância: um grande nº de referências com produtos de grandes dimensões (ou de difícil manuseamento) torna a sua gestão de lotes e de



supermercados mais complexa. Para os autores e para a Toyota a visão da organização ideal seria uma em que toda a cadeia de valor fluísse continuamente uma peça de cada vez, com tempo de mudança de ferramenta muito reduzido ou mesmo nulo.

Para se poder nivelar o *mix* de produção também se tem de nivelar o volume de produção. É nesse sentido que o passo número seis se insere. Ele consiste em estabelecer um ritmo de produção ao aumentar e/ou diminuir a quantidade de trabalho, o *pitch*, que é baseado num cálculo que envolve a quantidade de contentor e o ritmo da produção conforme se apresenta na equação 2:

$$Pitch = takt\ time \times tamanho\ pack\ (2)$$

Supondo que o *takt time* é de 60 segundos e o tamanho do *pack* de produção é de 20 unidades, temos:

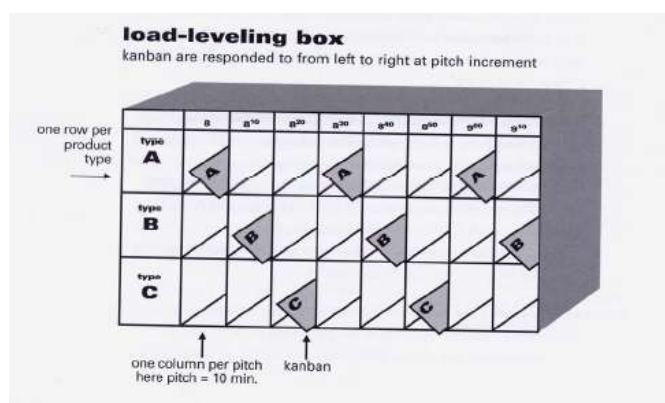
$$Pitch = 60seg \times 20\ unidades = 20\ minutos$$

A melhor forma de controlar o *mix* de produção e o volume é no processo gargalo. Ao controlar o incremento de trabalho no processo gargalo e libertando inventário (produto acabado) controlamos o ritmo de toda a produção e o volume. A este método, Rother & Shook (1999: 53) chamaram de “remoção ritmada” (*paced withdrawal*). Por outras palavras:

- a) Damos instrução ao processo gargalo para produzir a quantidade de um pack;
- b) Removemos a quantidade de um *pitch* de produto acabado.

Uma forma comumente utilizada para evitar enganos e confusões é a caixa de nivelamento, *heijunka* (ver figura 7). Esta ferramenta consiste numa caixa com uma coluna de *kanban slots* por cada intervalo de *pitch*, e uma linha de *kanban slots* por cada tipo de produto. Desta forma damos um novo elemento ao *kanban* – a capacidade de controlar o tempo de produção. O *kanban* é carregado na caixa de nivelamento na desejada sequência por tipo de produto. O *material handler*

remove então esse *kanban* e tr  lo para o processo gargalo, um de cada vez pelo incremento do *pitch*.



Fonte: Rother e Shook (1999)

**Figura 7 - Caixa de Nivelamento da Produ  o (Heijunka)**

No desenho de VSM, a caixa de nivelamento representa-se da mesma forma que o nivelamento do *mix* de produ  o (ver figura 7). O   cone representa tanto o *mix* de produtos como a sequência a produzir, tudo dentro de uma “caixa”.

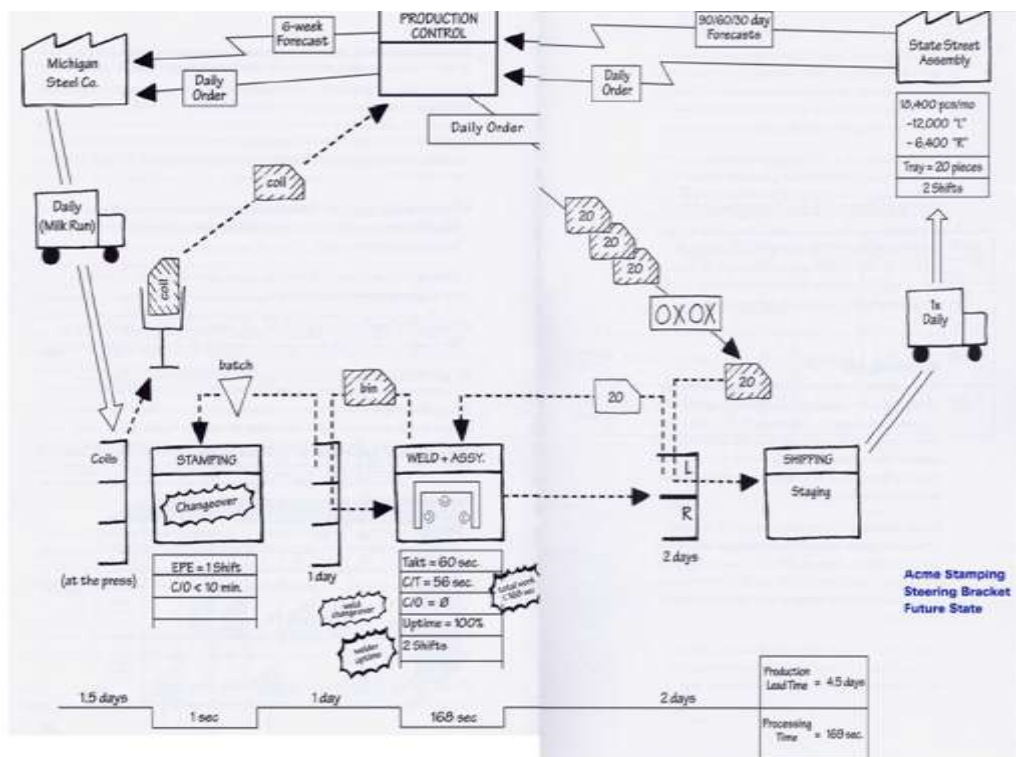
Ao reduzir os tempos de mudança de ferramentas e por libertar pequenas quantidades de trabalho nos processos produtivos, elevamos a capacidade de resposta da organiza  o a altera  es no comportamento dos consumidores e a flexibilidade para fazer qualquer produto em curto espaço de tempo. O passo número sete na *guidelines* de Rother e Shook (1999) consiste na capacidade de fazer cada produto a cada dia (e depois a cada turno, cada hora ou cada paleta ou a cada *pitch*) no processo de fabrica  o da cadeia acima do processo gargalo. Geralmente representa-se tanto os tamanhos dos lotes como o *Every Part Every...* (EPE) nas caixas de dados. EPE consiste na frequência que um processo muda para produzir todas as varia  es de componentes. De forma a reduzir os inventários e aumentar a rotatividade de inventário, pretende-se ter um EPE com base diária (pelo menos) para os produtos de maior consumo.

Com base neste conjunto de passos para a implementa  o *lean production*, são então elaborados os mapas VSM de Estado Futuro, que visam a elimina  o dos desperdícios e o aumento da performance geral. No capítulo que se segue

encontra-se a visão mais detalhada do que é o Mapa de Estado Futuro e de como se chega a esse “Estado Futuro”.

## 2.4 O Mapa do Estado Futuro

O propósito do VSM é realçar as fontes de desperdício e eliminá-las ao implementar um estado futuro da cadeia de valor que pode tornar-se realidade dentro de um curto período de tempo. Ao construir uma cadeia de produção onde o processo individual está ligado ao seu cliente por um fluxo contínuo, cada processo fica mais próximo de produzir apenas o que o cliente precisa e quando precisa. Outra característica de grande importância do VSM é o uso frequente para avaliar constantemente o desempenho e para procurar novas fontes de desperdícios e novas oportunidades de melhoria.



Fonte: (Rother & Shook, 1999)

**Figura 8 - VSM Estado Futuro (exemplo)**

Considerando uma fábrica já implementada e que já produz produtos e processos, algum do desperdício na cadeia de valor surgirá do resultado do *design* do produto, da maquinaria do processo já existente, e da localização ineficiente de algumas das actividades. Devido a este facto, torna-se quase

impossível eliminar alguns desses desperdícios. Contudo, o VSM mostra-se claramente vantajoso quando aplicado na introdução de novos produtos. Aplicando-se logo na fase de projecto estamos a eliminar fontes propícias a desperdícios, aumentando assim a eficácia e reduzindo custos. Ao desenvolver o conceito de mapa de estado futuro devemos responder honestamente às questões que se apresentam no subcapítulo seguinte. Baseados nas nossas respostas, marcamos directamente no mapa de estado actual as nossas ideias de mapa de estado futuro. No final desenhámos o Mapa do Estado Futuro (ver o exemplo na figura 8).

### ***Aplicações do Value Stream Mapping***

Na pesquisa bibliográfica feita sobre o VSM encontraram-se alguns casos de aplicações do VSM na indústria e serviços que demonstram o seu sucesso enquanto ferramenta de análise de desperdício e de melhoria da *performance* das empresas.

Seth, *et. al.* (2008) aplicaram o VSM na indústria do óleo de algodão como forma de identificar e eliminar os desperdícios. Com base nessa aplicação e na identificação dos 7 tipos de desperdícios (Moden, 1993), os autores elaboraram o VSM do Estado Futuro onde eliminaram por completo a presença de stock em armazém (que existia devido à variabilidade da produção de algodão e representava 90 dias de produção) e com a consolidação dos transportes reduziram o tempo de resposta para 5 a 6 dias. Seth, *et. al.* (2008) afirma que o uso do VSM permitiu visionar a indústria como um todo e a estabelecer orientações estratégicas que poderão resultar numa significativa melhoria do desempenho desta indústria.

Lasa, *et. al.* (2008) realizaram um estudo sobre o VSM em que acompanharam um equipa de projecto VSM e avaliaram a sua aplicação real. Nas suas conclusões, o estudo revelou que o VSM é uma ferramenta de grande eficácia, conclusão compartilhada por Hines, Rich e Esain (1999) e Singh e Sharma (2009), e demonstrou que o VSM é uma excelente ferramenta para a re-engenharia do processo produtivo. Lasa, *et. al.* (2008) identificaram como as maiores forças do VSM: a vantagem de mostrar claramente qualquer desperdício,

o uso de uma linguagem comum, e a incorporação das técnicas *lean*. Os autores deste estudo concluíram, também, que o uso dos sistemas de informação pode facilitar a recolha e análise dos dados necessários. Como fraqueza do VSM, os autores deste estudo constataram a falta de treino nos diversos conceitos *lean* por parte da equipa do projecto.

Hines, Rich e Esain (1999) afirmam que o VSM, para além de ferramenta para a visualização dos fluxos de materiais, processos, pessoas e informação, é também uma ferramenta de *benchmarking*: uma forma muito específica e objectiva de testar e comparar o desempenho das empresas. O VSM ao desenvolver os mapas do estado corrente e do estado futuro fornece uma forma de comparação para a análise da gestão/direcção. Devido à grande polivalência da aplicação do VSM, Hines, Rich e Esain (1999) também utilizaram o VSM como ferramenta de desenvolvimento de fornecedores, e constataram que os fornecedores mostraram-se bastante receptivos e activos à participação do programa desenvolvido. Como resultado a aplicação do VSM permitiu melhorar a comunicação e a integração entre as empresas e os seus fornecedores.

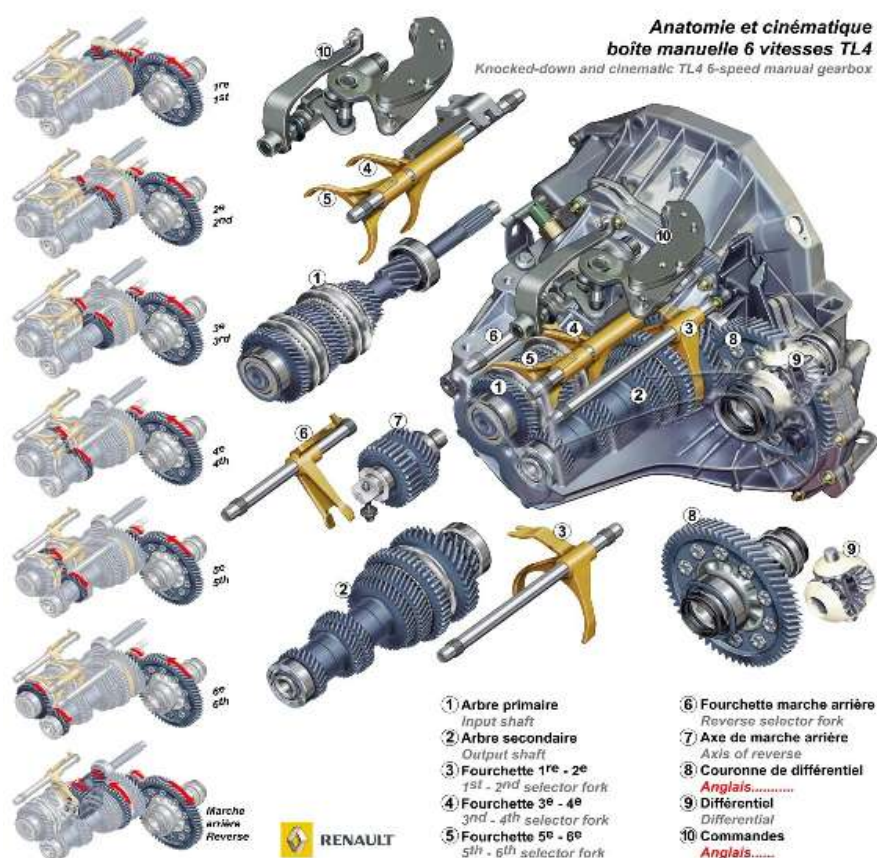
Singh e Shama (2009) obtiveram resultados impressionantes com a aplicação do VSM: redução do *lead time* em 92.58%, redução no tempo de processamento em 2.17%, redução do WIP em 97.1% e 26.08% de redução dos recursos humanos.

Salgado *et. al.* (2009) também obtiveram resultados impressionantes: 54.8% de redução do *lead time*, 24.4% de redução do valor agregado e a eficiência aumentou 67.2%.

Os estudos aqui apresentados constataam que o VSM é uma poderosa ferramenta para a implementação de *lean production*, através da sua capacidade de *benchmarking* e de identificação dos desperdícios. Os resultados apresentados são exemplo da eficácia e capacidade do VSM em melhorar significativamente o desempenho das empresas.

### 3. Apresentação da empresa

A Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel (CACIA) é uma empresa do grupo RENAULT, fundada em 1999 como sociedade de responsabilidade limitada, tendo como principal actividade a fabricação de caixas de velocidades e os respectivos componentes, e ainda, componentes para motores. Com 935 colaboradores em 31 de Dezembro de 2009 obteve, no mesmo ano, um volume de vendas no valor de 298 Milhões de Euros. Em 2009, a CACIA contava com 119 fornecedores de matérias-primas e 20 clientes.



**Figura 9 - Vista explodida da Caixa de 6 Velocidades TL4**

Pela figura 9 podemos identificar os vários componentes da caixa de velocidades TL4, que, apesar de ter sido descontinuada, serve de exemplo para os modelos que são fabricados na CACIA: árvores primárias (com os pinhões já acoplados), árvores secundárias (com os pinhões já acoplados), forquilha 1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup>/3<sup>a</sup>/4<sup>a</sup>/5<sup>a</sup>/6<sup>a</sup>, forquilha de marcha atrás, eixo da marcha atrás, coroa do diferencial, diferencial e comandos.

### ***Os principais produtos e processos***

Os componentes em estudo são produzidos em 3 turnos diários, 5 dias por semana, sendo que, quando necessário, existe produção durante o fim-de-semana. Os componentes abastecem duas linhas de montagem – Linha 2 e Linha 3. Actualmente, a linha de montagem 2 produz Caixas de Velocidade do tipo ND, e a linha de montagem 3 produz caixas de velocidade do tipo JR. Apesar da exclusividade das linhas de montagem no tipo de produto, ambas estão capacitadas para produzir alguns modelos de caixas de velocidade de outros tipos. Abaixo encontra-se a Tabela 1 que identifica quais os modelos de caixa de velocidade actualmente em produção. Na sua totalidade existem 85 referências de caixas, 23 referências para o modelo ND, 62 referências para o modelo JR.

Caixa velocidade Linha 2		Caixa de velocidade Linha 3		
ND0 000		JR5 009	JR5 140	JR5 310
ND0 001		JR5 010	JR5 142	JR5 316
ND0 002		JR5 012	JR5 147	JR5 321
ND0 008		JR5 013	JR5 149	JR5 322
ND0 009		JR5 014	JR5 150	JR5 329
ND0 013		JR5 015	JR5 151	JR5 337
ND0 014		JR5 016	JR5 152	JR5 339
ND0 015		JR5 017	JR5 154	NDO 001
ND0 016		JR5 018	JR5 155	NDO 002
ND0 020		JR5 102	JR5 156	NDO 008
ND0 101		JR5 103	JR5 158	
ND0 102		JR5 104	JR5 160	
ND4 001		JR5 106	JR5 165	
ND4 002		JR5 108	JR5 166	
ND4 004		JR5 110	JR5 168	
ND4 009		JR5 113	JR5 169	
ND4 010		JR5 114	JR5 170	
ND4 011		JR5 116	JR5 171	
ND6 000		JR5 120	JR5 172	
ND6 001		JR5 123	JR5 175	
ND6 003		JR5 124	JR5 185	
ND6 005		JR5 125	JR5 187	
ND6 009		JR5 126	JR5 189	
JR5 147		JR5 128	JR5 193	
JR5 156		JR5 129	JR5 303	
JR5 175		JR5 131	JR5 306	
JR5 301		JR5 138	JR5 309	

**Tabela 1 - Modelos de Caixas de Velocidades para a Linha 2 e Linha 3**



A tabela 2 identifica todas as referências/modelos dos componentes que serão objecto de análise e que existem actualmente em produção.

PONT	REFERENCIA	DESIGNAÇÃO	PONT	REFERENCIA	DESIGNAÇÃO
A'	8200972576	ARVORE PRIMARIA	41x31	8200611292	PINHÃO LOUCO 5ª
G'	8200972579	ARVORE PRIMARIA	37x33	8200611285	PINHÃO LOUCO 5ª
E'	8200140777	ARVORE PRIMARIA	45x31	8201014645	PINHÃO LOUCO 5ª
Light	8201014639	ARVORE PRIMARIA	42x31	8200611293	PINHÃO LOUCO 5ª
F'	8200972569	ARVORE PRIMARIA	39x32	8200611290	PINHÃO LOUCO 5ª
15x58	8200654096	ARVORE SECUNDARIA	39x31	8200611287	PINHÃO LOUCO 5ª
15x56	8200867251	ARVORE SECUNDARIA	41x31	8200607975	PINHÃO FIXO 5ª
15x56	8200691336	ARVORE SECUNDARIA	37x33	8200608034	PINHÃO FIXO 5ª
16x57	8200654082	ARVORE SECUNDARIA	45x31	8201014646	PINHÃO FIXO 5ª
15x61	8200554086	ARVORE SECUNDARIA	42x31	8200607976	PINHÃO FIXO 5ª
17x56	8200691335	ARVORE SECUNDARIA	39x32	8200607973	PINHÃO FIXO 5ª
14x63	8200654092	ARVORE SECUNDARIA	39x31	8200607970	PINHÃO FIXO 5ª
17x56	8201071021	ARVORE SECUNDARIA	15x56	7701769541	CAIXA DIFERENCIAL
16x55	8200654078	ARVORE SECUNDARIA	15x58	7701769546	CAIXA DIFERENCIAL
14x69	8200559910	ARVORE SECUNDARIA	16x57	7701769554/8200650438	CAIXA DIFERENCIAL
14x69	8200629870	ARVORE SECUNDARIA	15x58	7701714503	CAIXA DIFERENCIAL
14x73	8200609157	ARVORE SECUNDARIA	17x56	7701769560	CAIXA DIFERENCIAL
14x59	8200654089	ARVORE SECUNDARIA	16x55	7701714514	CAIXA DIFERENCIAL
11x41	8201015149	PINHÃO LOUCO 1ª	16x55	7701769553/8200650437	CAIXA DIFERENCIAL
11x37	8290077043	PINHÃO LOUCO 1ª	15x61	7701714513	CAIXA DIFERENCIAL
11x41	8200584755	PINHÃO LOUCO 1ª	14x69	7701769557	CAIXA DIFERENCIAL
21x43	8290073079	PINHÃO LOUCO 2ª	15x61	7701769555	CAIXA DIFERENCIAL
22x41	8201015155	PINHÃO LOUCO 2ª	14x63	8200650440	CAIXA DIFERENCIAL
28x37	8200541565	PINHÃO LOUCO 3ª	14x63	8200650439	CAIXA DIFERENCIAL
28x39	8200541566	PINHÃO LOUCO 3ª GREN.	14x73	7701769559	CAIXA DIFERENCIAL
35x34	8200621495	PINHÃO LOUCO 4ª	14x69	7701769558	CAIXA DIFERENCIAL
31x29	8201071001	PINHÃO LOUCO 4ª	14x59	8200720993	CAIXA DIFERENCIAL
34x35	7790115772	PINHÃO LOUCO 4ª	17x56	8201081045	CAIXA DIFERENCIAL
31x34	8200591676	PINHÃO LOUCO 4ª FOSF			
<b>Nº REF 29</b>			<b>Nº REF 28</b>		
<b>TOTAL REF 57</b>					

**Tabela 2 - Designação das referências/modelos**

Todos os componentes e referências são fabricados em CACIA, com a excepção da Caixa Diferencial. A Caixa Diferencial (produto final) é constituída, essencialmente, por dois componentes: a Coroa Diferencial e a Caixa Diferencial (produto maquinado). As Coroas Diferenciais são componentes fabricados localmente e exportados para as instalações de Sevilha (Espanha), sendo aí acopladas às caixas diferenciais (maquinadas) e soldadas. Depois retornam a CACIA para a montagem na caixa de velocidades. A caixa diferencial é um produto compartilhado entre as instalações de Sevilha (Espanha), Cléon (França) e ainda Oyak (Turquia), que gerem entre si as necessidades e os recursos. Trata-se de uma decisão estratégica com base na gestão de capacidades e na redução de custos de operação.



De uma forma geral o processo de fabrico dos componentes das caixas de velocidades segue o fluxo apresentado no Fluxograma 1. Para cada processo são identificados os componentes que são objecto de processamento.



Fluxograma 1 - Fluxo de Processo Geral

A seguir temos uma descrição genérica dos processos identificados no Fluxograma 1. Pretende-se ter uma ideia objectiva do que constitui cada processo e do que envolve para que dessa forma se possa compreender verdadeiramente o processo de criação dos Mapas de Fluxo de Valor.

## Maquinação



**Fluxograma 2 – Processo de Maquinação**

A maquinação é um processo que transforma as peças no seu estado bruto em peças semi-acabadas. Consiste, essencialmente, num conjunto de operações identificado no Fluxograma 2, e que conferem à peça o aspecto e a forma do componente final.

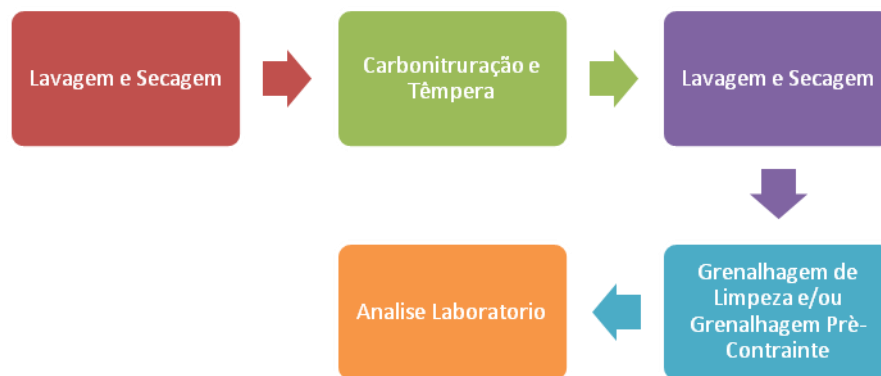
Na maquinação existe ainda o processo de Soldadura que é exclusivo para os Pinhões Loucos 1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup>/4<sup>a</sup> e consiste na acoplagem de um anel *crabot* e a sua respectiva soldadura no Pinhão. A soldadura é feita por feixe de electrões, um processo que confere uma solda de enorme rigidez estrutural.

## Tratamentos Térmicos



**Figura 11 - Fornos de carbonitruração**

O Tratamento Térmico consiste essencialmente nos processos de Carbonitruração e Grenalhagem que, através de um processo termoquímico, oferece uma maior resistência e durabilidade às peças. Na figura 11 podemos ver ao fundo a máquina de lavar e secar e à direita os fornos de carbonitruração e, ainda, parte da máquina de lavar e secar.



**Fluxograma 3 - Processo de Tratamento Térmico**

Seguindo o fluxograma 3 o Tratamento Térmico consiste no uso de lotes de peças que passam primeiramente por um processo de Lavagem e Secagem, depois são dispostos nos fornos de carbonitruração. Nos fornos as cargas passam pela carbonitruração, uma operação que eleva o teor de moléculas de carbono sobre a superfície das peças. De seguida as peças são mergulhadas na têmpera, um óleo viscoso sob elevada temperatura, que confere uma elevada dureza nas peças. Depois as peças são novamente lavadas e secadas. Por último temos a Grenalhagem, que consiste em submeter as peças em colisão com pequenas esferas metálicas específicas para o processo. Este processo confere um revestimento à peça que é essencial para a qualidade do produto. Existem dois tipos de grenalhagem: limpeza e *pré-contraínte*. As grenalhagens diferem conforme o nível de dureza e resistência pretendido. A análise de laboratório é feita retirando uma amostra para controlo de qualidade.

## Desempeno



**Figura 12 - Máquina de Desempeno**

O Desempeno é um processo, exclusivo para a Árvore Primária e Árvore Secundária, que consiste, tal como podemos ver no fluxograma 4, no desempeno da peça e, ainda, no revenido por indução (exclusivo para a Árvore Primária).



**Fluxograma 4 - Processo de Desempeno**

O desempeno (ver figura 12) consiste em desempenar as peças longitudinalmente, com base nas cotas específicas para cada tipo de referência. O revenido por indução é uma operação, exclusiva para a Árvore Primária, que confere uma elevada dureza e resistência à extremidade posterior da peça, através de um processo electromagnético de indução.

### **Fosfatação**

Processo que consiste em submeter as peças a uma dezena de banhos sucessivos que criam micro-fissuras na superfície das peças. Este processo permite com que o óleo presente na caixa de velocidade penetre na peça, reduzindo a sua resistência ao atrito e, por conseguinte, aumentando a qualidade e longevidade da caixa de velocidades. Este processo é caracterizado por conferir o aspecto negro à peça. Devido ao facto do Pinhão Louco 1ª e 2ª possuírem maiores dimensões e de ser submetido a menores esforços de tensão e de atrito, estas não são submetidas a este processo.

### **Rectificação**



**Fluxograma 5 - Processo Rectificação**

A Rectificação é um conjunto de processos que, conforme consta no fluxograma 5, consistem na rectificação das imperfeições que a peça ganhou devido aos processos de tratamentos térmicos e de fosfatação. Este é o último processo de transformação do componente. Na figura 13 podemos ver o aspecto das árvores primárias rectificadas.





**Figura 13 - Árvores primárias rectificadas**

### ***Stock Picking***

Não se trata de uma operação mas sim de uma estante de armazenamento temporário (ver Figura 14). Nesta estante situam-se todos os componentes referidos, à excepção da Coroa. Estes estão diferenciados por referências, respeitando a regra FIFO.



**Figura 14 - Estante *Stock Picking***

### **Escuta**

A escuta consiste num processo de controlo de qualidade e acoplagem das peças em conjuntos de colecções. Designa-se colecções por agregar os diferentes componentes sob a mesma caixa conforme as diferentes referências de caixa de velocidades que serão montadas. As caixas são acumuladas em carros de bases rolantes que aguardam em local próprio a sua transferência para a linha de montagem.

## 4. Metodologia

Estando inserido no Departamento de Logística torna-se claro que as necessidades da gestão estão concentradas no fluxo interno das peças e no Tempo de Escoamento (TE) cuja designação e cálculo se apresenta neste capítulo. A gestão logística da CACIA viu-se na necessidade de encontrar uma ferramenta que permitisse melhorar significativamente o desempenho da organização. A implementação do VSM pretende representar objectivamente o fluxo de valor e o desempenho da empresa, e, além disso, identificar os desperdícios e apresentar propostas de melhoria.

Devido à complexidade das linhas entre maquinaria, tratamentos térmicos, fosfatação, rectificação, escuta e montagem e a partilha de recursos entre as várias operações, verificou-se que a melhor solução para a aplicação dos VSM seria por família de produto, e excluiu-se o processo de montagem. O processo de montagem é o reflexo da capacidade de produção de todos os seus componentes e a sua optimização encontra-se bastante desenvolvida. Além do mais, e indo ao encontro com o que já foi dito na introdução, a aplicação e optimização do processo de montagem é mais simples e fácil.

A principal preocupação da gestão é o *stock*. Devido ao impacto da recente crise económica e da mudança de paradigma em relação ao modelo energético do futuro, a palavra de ordem é *free cash flow positivo*. E, para tal, a redução de todos os custos é imperativo. O *stock* – valor não acrescentado – é uma grande parcela dos custos para qualquer empresa, que se revela difícil de controlar devido à sua constante mudança e devido à interacção que tem com diversos actores e sectores.

O primeiro objectivo para a aplicação do VSM foi conhecer o fluxo de valor. E, para o efeito, o primeiro método utilizado foi a contagem de peças. Este método consiste na contagem das peças nos diversos pontos do seu fluxo e permitiu conhecer os processos e visualizar directamente os desperdícios. Este método permitiu elaborar os primeiros esboços dos mapas de fluxo de valor com base na simbologia criada.

O passo seguinte consistiu na criação dos VSM do Estado Corrente de cada componente e do Fluxo Total (VSM com todos os componentes analisados). Os VSM foram elaborados pela observação directa do fluxo de valor, tendo sido criados, inicialmente, esboços do seu desenho, e, mais tarde, o seu desenho definitivo usando o Microsoft Excel e a simbologia apresentada. Os dados apresentados nos VSM foram recolhidos pela observação directa e/ou por entrevistas realizadas aos operadores. Os valores da quantidade de peças em stock e/ou em curso apresentados nos mapas foram retirados das contagens de peças, sendo que para o efeito, foi utilizado um medidor logístico para a sua decisão: o Tempo de Escoamento (TE). O TE é uma medida de gestão logística que nos permite ter a percepção da capacidade de resposta da organização e da rotatividade dos materiais. Idealmente, o Tempo de Escoamento deve ser o mais reduzido possível. O cálculo do TE é feito, tal como a equação 4 indica, dividindo a quantidade de peças registada para cada ponto/sector pela cadência diária de produto final (caixas de velocidades). Feito o cálculo do TE de cada contagem, a decisão é feita com base no valor em torno da média dos TE obtidos.

$$\text{Tempo de Escoamento } (\kappa) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{\epsilon} \quad (4)$$

$x_i$  – Quantidade de peças no sector  $i$

$\epsilon$  – cadência diária de produto final

$\kappa$  – momento instantâneo

A simbologia usada neste projecto é idêntica à simbologia sugerida por Rother e Shook (1999), sendo que adicionou-se um novo elemento oriundo das cartas de fluxo (ferramenta standard da Renault para o desenho do fluxo de peças): o símbolo de material em curso (círculo). Os símbolos usados categorizam-se da seguinte forma:

- Símbolos do fluxo de processos;
- Símbolos do fluxo de materiais e pessoas;
- Símbolos do fluxo de informação;



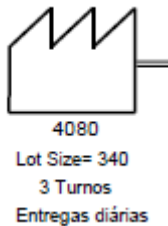
Os símbolos do fluxo de processos usados pretendem representar os processos e a forma como os materiais fluem entre os processos. Os símbolos usados nesta categoria foram os seguintes:



**Símbolo:** Seta de fluxo não contínuo

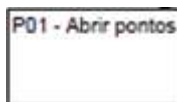


**Símbolo:** Seta de fluxo contínuo



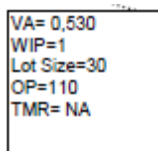
**Símbolo:** Armazém

**Ítems:** Valor de stock, tamanho do lote, nº de turnos, frequência da aquisição de Matéria-Prima (MP)



**Símbolo:** Caixa de Processo

**Ítems:** Nº de processo, designação do processo.



**Símbolo:** Caixa de Dados (*data box*)

**Ítems:** Valor Acrescentado (VA), WIP, *Lot Size*, Operação (OP), Tempo de Mudança de *Rafale* (TMR)

Valor Acrescentado (VA) consiste no tempo necessário para a operação criar valor sobre o produto. O Tempo de Mudança de Rafale consiste no tempo necessário para a mudança de ferramenta e aprovação da série de produção.

Os símbolos do fluxo de materiais e pessoas representam as peças com base na sua utilização corrente e na alocação dos recursos humanos ao longo de todo o fluxo de valor. De seguida, apresentam-se os símbolos usados:



**Símbolo:** Stock

**Item:** Valor de Stock



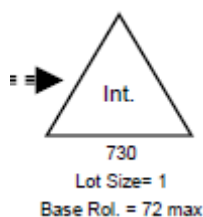
**Símbolo:** Material em curso

**Item:** Quantidade de material



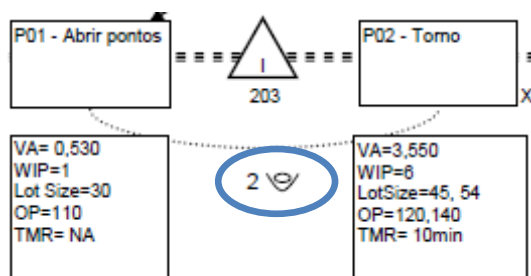
**Símbolo:** Supermercado (*Stock Picking*)

**Itens:** Valor de stock, Tamanho do Lote



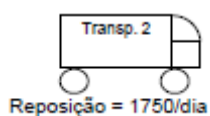
**Símbolo:** Stock Intermédio (Stock Coleções)

**Itens:** Valor de stock, Tamanho do Lote



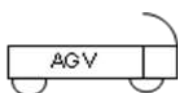
**Símbolo:** Operador

**Item:** nº de operadores, área de operação ou processo



**Símbolo:** Transporte rodoviário

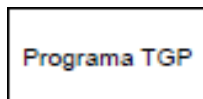
**Item:** Tipo de transporte, frequência e quantidade de peças



**Símbolo:** Transporte automático

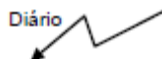
**Item:** Tipo de transporte

Os símbolos do fluxo de informação pretendem representar a forma como a informação é transmitida ao longo do fluxo de valor. Uma vez que, este projecto concentra-se na implementação do VSM para os processos fabris e para o fluxo interno dos materiais, processos, pessoas e informação, o fluxo de informação identificado destina-se à forma como a informação é transmitida e para que processos. Os símbolos usados foram os seguintes:



**Símbolo:** Caixa de Informação

**Itens:** Informação



**Símbolo:** seta de informação electrónica

**Item:** Frequência do envio de informação



**Símbolo:** Cartão *kanban* de produção

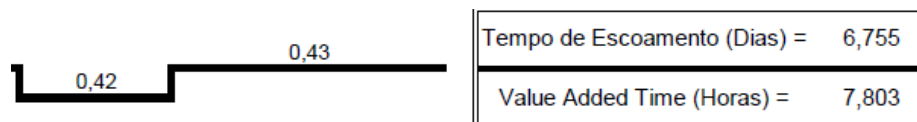
**Item:** Não aplicável

Por último apresentam-se elementos gerais que foram adicionados para completar a informação. A figura 15 apresenta o Quadro Resumo para o VSM do Estado Corrente das Árvores Primárias (como exemplo), que sintetiza num quadro a quantidade de peças para cada secção do fluxo de valor, o WIP, o *takt time*, e a cadência diária de cada componente. Cada VSM tem um espaço dedicado para a identificação da pessoa responsável pela sua elaboração e a indicação a que Departamento pertence. Acrescentam-se ainda as referências em análise e uma legenda com a descrição dos acrónimos usados.

VA - Valor acrescentado		Referências	
NVN - Não Valor Necessário		ARP JC - 7700871803	
WIP - Work-In-Progress		ARP F' - 8200972569	
OP - Operação		ARP Light - 8201014639	
TMR - Tempo de Mudança de Referência		ARP A' - 8200972576	
		ARP G' - 8200972579	
		ARP E' - 8200140777	
WIP		Quantidade de Peças	
861	Armazém =	4080	
	Maquinação PB =	1360	
Takt time (pçs/min.)	TTh =	366	
1,296	Desempeno =	582	
	Fosfatação =	876	
Cadência (peçs/dia)	Rectificação =	340	
1750	Escuta=	359	
	Stock Int. =	730	
	TOTAL =	8693	
		Responsável:	
		Departamento:	

Figura 15 - VSM Estado Corrente Árvore Primária (excerto do quadro resumo)

A figura 16 apresenta a linha temporal. Esta linha é disposta abaixo dos processos e acompanha o fluxo das peças. Os valores acima da linha correspondem ao cálculo do Tempo de Escoamento em dias, e os valores abaixo da linha correspondem ao *Value Added Time* (tempo necessário para a adição de valor sobre o produto). A linha temporal converge para a caixa com os resultados finais do fluxo.



**Figura 16 - Linha temporal**

O seguinte passo na metodologia consistiu na análise aos VSM do Estado Corrente criados e a criação dos VSM do Estado Futuro. Na análise dos VSM do Estado corrente recorreu-se à identificação dos desperdícios por observação directa. Na identificação dos desperdícios teve-se em conta a classificação dos 7 tipos de desperdícios dada por Rich *et. al.* (2006) e Moden (1993).

Para a criação do VSM do Estado Futuro, e numa primeira fase, criou-se o VSM do Estado Futuro Ideal do Fluxo Total com base nas técnicas de *lean production*. Contudo, aplicar este VSM do Estado Futuro Ideal seria demasiado complicado: seria necessário aplicar grandes investimentos e reestruturações que tornariam a sua exequibilidade muito baixa. Dessa forma, foram elaborados, já numa segunda fase, os VSM do Estado Futuro Atingível para os componentes, que apresentam uma solução de mais fácil execução e apresentam melhorias que são o fundamento do *lean production*: o fluxo contínuo, a eliminação dos desperdícios, e a redução/eliminação do excesso de stock. A seguir constam os estudos das optimizações que foram possíveis de se realizar. Estas optimizações foram identificadas com a elaboração dos VSM do Estado Futuro Ideal do Fluxo Total.

## 5. Resultados

Neste capítulo apresenta-se o VSM do Estado Corrente e os VSM do Estado Futuro Ideal e Atingível, assim como as optimizações que foram necessárias de se realizarem.

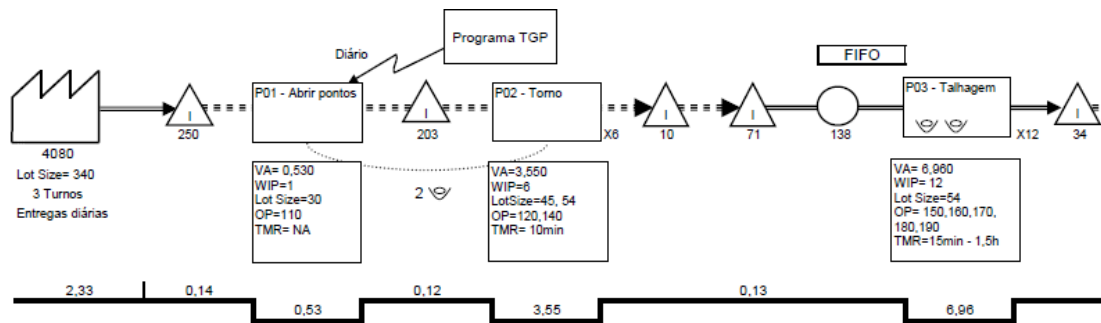
Para a apresentação dos resultados recorreu-se à utilização de alguns programas, nomeadamente o SPSS *Statistics*® para a análise estatística aos consumos dos produtos, o Microsoft Visio® para a apresentação de *layouts*, *re-layouts* e desenho de tapetes rolantes, e o Excel® para a criação dos VSM do Estado Corrente e do Estado Futuro.

### 5.1 VSM do Estado Corrente

Do anexo 3 ao anexo 11 apresentam-se os VSM do Estado Corrente para todos os componentes. Os VSM do Estado Corrente possuem a identificação no título do tipo de VSM, o componente em representação, dia e a hora a que foi realizado. Os VSM são criados da esquerda para a direita e de cima para baixo. Conforme a extensão do fluxo de valor do componente foi necessário dividi-lo em segmentos para que se possa visualizar o mapa por inteiro. Pelos anexos enumerados podemos identificar grande parte dos símbolos usados para a representação do estado corrente do VSM: armazém de brutos, *stocks*, material em curso, *stock picking*, *stock* intermédio, fluxos de materiais e informação, caixas de processos e de dados, e a linha de tempo.

A figura 17 apresenta o excerto inicial do VSM do Estado Corrente da Árvore Primária para explicar como se processa a sua leitura. Começando do lado esquerdo para a direita podemos ver os principais elementos do VSM: Armazém, processos com caixas de dados, *stocks*, fluxos *push* (significa que os processos operam sem que o processo que o segue o requisite) e *pull* (significa que os processos operam com base na necessidade dos processos seguintes) e ainda o fluxo de informação. Os produtos começam no armazém, ainda como matéria-prima, sendo levados posteriormente para a entrada da célula de maquinaria conforme requisição. Depois atravessam os vários processos, criando stock entre eles ou estando em tapetes rolantes a aguardar o seu processamento. Entre as várias secções ocorre a transmissão da informação, que conta com periodicidade

própria, do programa de produção designado pelo Técnico de Gestão da Produção (TGP).



**Figura 17 - VSM Estado Corrente Árvore Primária (excerto do fluxo inicial)**

A tabela 3 apresenta um resumo dos VSM criados e nela podemos verificar que o componente com o pior desempenho é o Pinhão Fixo 5ª com um TE de 9,475 dias. Com base nos resultados obtidos foi elaborado o anexo 13 em que temos o *Value Stream Map* Fluxo Total, o VSM que representa todos os produtos em análise. Neste VSM o Tempo de Escoamento e o Tempo de Valor Acrescentado (TVA), assim como os stocks nos processos partilhados, correspondem aos resultados obtidos com o Pinhão Fixo 5ª velocidade, ou seja, o componente “gargalo” da CACIA.

Órgão Mecânico (Nº Peças)	VSM Current State	
	TE (dias)	TVA (horas)
Árvore Primária	5,459	7,113
Árvore Secundária	6,825	7,803
Pinhão Louco 1ª velocidade	7,428	5,570
Pinhão Louco 2ª velocidade	7,295	7,155
Pinhão Louco 3ª velocidade	7,013	8,234
Pinhão Louco 4ª velocidade	8,766	6,694
Pinhão Louco 5ª velocidade	9,342	9,106
Pinhão Fixo 5ª velocidade	9,475	8,424
Coroa Diferencial	6,956	6,778

**Tabela 3 - Resultados finais do Tempo de Escoamento e Tempo de Valor Acrescentado do VSM Estado Corrente**

Com base nos VSM criados e nas entrevistas feitas constataram-se os seguintes factos:

- ❖ O sector com maior tempo de valor acrescentado da CACIA é o sector dos Tratamentos Térmicos. Este sector, de elevada importância para a qualidade do produto final, condiciona a implementação de melhorias relevantes para a fábrica;
- ❖ O fluxo de materiais na CACIA encontra-se fortemente segmentado pela presença de dois sistemas de produção: os componentes são produzidos com base num sistema *push* enquanto a montagem das caixas de velocidade segue o sistema *pull*. Para além desse facto, o conjunto de processos designado de Tratamentos Térmicos encontra-se em edifício separado, o que leva à necessidade de haver um ponto de stock nos dois edifícios e eleva a quantidade de transferências necessárias.
- ❖ A Coroa Diferencial é um componente que partilha um destino que difere dos restantes componentes. A cadência de produção deste componente é de 1150 unidades por dia, enquanto a linha de montagem consome 1750 unidades deste componente por dia. A explicação para esta diferença encontra-se na focalização de recursos nas instalações da Renault em Sevilha, que também produzem este componente juntamente com as instalações de Oyak (Turquia) e Cléon (França), e complementa as necessidades das fábricas de mecânica de caixas de velocidade.

## **5.2 Análise aos VSM do Estado Corrente**

Uma vez conhecido o desempenho actual da fábrica elaborou-se a Tabela 4 e o gráfico 1 respeitante aos valores de stock e material em curso para todos os componentes. Pretende-se, com esta tabela, identificar os pontos mais relevantes em termos de stock e analisar as suas causas.

Componente	VSM (Data)	Maquinação		Tth		Desempeno		Rectificação faces		Fosfatação		Stock Intermedio	Rectificação		Stock Picking / Escuta		Coleções	Escuta Coroas		Embalagem
		Stock	Em curso	Stock	Em curso	Stock	Em curso	Stock	Em curso	Stock	Em curso	Stock	Stock	Em curso	Stock	Em curso	Stock	Stock	Em curso	Stock
ARP	9-Jul-10	1130	230	366	0	502	80	N/A	N/A	876	0	N/A	184	156	353	6	730	N/A	N/A	N/A
ARS	16-Abr-10	2962	232	752	0	673	82	79	3	252	0	N/A	302	32	1145	58	756	N/A	N/A	N/A
PL1	11-Mai-10	1687	91	2100	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4200	0	0	649	77	500	N/A	N/A	N/A
PL2	16-Jun-10	2154	90	1470	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2940	0	0	830	12	599	N/A	N/A	N/A
PL3	8-Jun-10	2362	115	588	0	N/A	N/A	N/A	N/A	1470	0	N/A	0	0	740	130	574	N/A	N/A	N/A
PL4	2-Jul-10	6536	116	939	0	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	N/A	743	90	730	7	136	N/A	N/A	N/A
PL5	8-Jul-10	2335	167	756	0	N/A	N/A	N/A	N/A	6114	0	N/A	234	15	705	0	906	N/A	N/A	N/A
PFS	11-Jun-10	1114	6	938	0	N/A	N/A	N/A	N/A	1736	0	N/A	N/A	N/A	4072	136	402	N/A	N/A	N/A
Coroas	27-Mai-10	478	65	1440	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	405	0	1083

**Tabela 4 - Valores stock e material em curso para os VSM**

Da análise podemos constatar a presença de 3 sectores que apresentam valores de destaque: Maquinação, Fosfatação e Stock Intermédio. Começando pelo Stock Intermédio verifica-se que a presença de elevados valores por parte do Pinhão Louco 1ª e de 2ª velocidade (PL1 e PL2 respectivamente). A razão por detrás desta constatação deriva do facto de estes dois componentes serem comuns no processo de Rectificação, isto é, na linha de Rectificação o PL1 e PL2 partilham o mesmo conjunto de maquinas e sub-processos. Isto origina a presença de um stock intermédio, que devido ao número de peças por lote é elevado quando comparado com os valores associados aos restantes processos/componentes. No processo Fosfatação destaca-se o Pinhão Louco 5ª velocidade (PL5) com o valor de 6134 peças. O PL5, ao contrário do PL1 e PL2, não partilha recursos na linha de Rectificação, mas, neste caso, é o processo Fosfatação que controla o fluxo de peças para a Rectificação, o que origina a acumulação de grandes valores de stock neste processo. Por outro lado, a quantidade de referências e o número de peças por lote que chegam dos Tratamentos Térmicos prejudicam tanto o desempenho como o valor de stock deste componente. No processo de Maquinação o destaque vai, nomeadamente, para o Pinhão Louco 4ª (PL4), Árvore Secundária (ARS), Pinhão Louco 3ª (PL3) e Árvore Primária (ARP). Para o PL4 e PL3 a causa da presença de tais valores prende-se ao facto do PL4 partilhar um sub-processo com o PL1 e PL2: a Soldadura. Dessa forma, existe uma área dedicada ao stock de peças destes componentes. Além deste facto, o Pinhão Louco 4ª e 3ª partilham a linha de maquinação, o que acrescenta mais stock intermédio para satisfazer as necessidades. No entanto, para as Árvores Primárias e Secundárias já temos



[illegible]

**Nota:** O Pinhão Fixo 5ª velocidade apresenta um valor bastante elevado para o sector *Stock Picking*. Este valor contrasta radicalmente com todos os restantes componentes. Procurando saber o porquê deste valor verificou-se que este valor resulta de três factores:

- O Pinhão Fixo 5ª possui seis referências e o lote de maquinação é de 1260 peças (ver Tabela 5). Este facto origina excedentes de peças no *stock picking* por longos períodos de tempo. A inexistência de um máximo no *stock picking* dificulta também o controlo da quantidade de peças e antecipação de problemas.

Peça	Tamanho Lote Bruto	Tamanho Lote Peça Maquinada	Tamanho Lote Fornos	Tamanho de Lote Grenalhagem	Tamanho Lote Fosfatação	Tamanho Lote Stock Picking
Anore Primária	340	147	147	74/73	73	8
Anore Secundária	600	252	252	2	126	8
Pinhão Louco 1ª	1100	420	420	210	-	20
Pinhão Louco 2ª	1200	420	420	210	-	20
Pinhão Louco 3ª	1800	588	588	294	294	20
Pinhão Louco 4ª	1728	420	420	420	210	20
Pinhão Louco 5ª	1800	756	756	189	378	15
Pinhão Fixo 5ª	1536	1260	1260	252	630	48
Coroa	340	180	180	90	-	320

**Tabela 5 - Variação dos lotes de peças entre os processos da CACIA**

## **Síntese**

- ❖ De uma forma geral, constatou-se que as linhas de maquinação dos Pinhões Loucos e Fixos e de Coroas apresentam um fluxo de peças contínuo. Devido à forma redonda das peças foi possível introduzir tapetes e rampas entre os processos, que juntamente a métodos adequados de fixação de peças nas máquinas garante uma produção em fluxo contínuo. Por outro lado, as linhas de maquinação de Árvores Primárias e Secundárias possuem um fluxo segmentado devido à maior quantidade de processos que exige e à dificuldade em implementar sistemas de fluxo contínuo derivada da forma pouco ergonómica das peças. Estes dois factores originam a quantidade carros de peças intermédios que já foi referida.

## **5.3 O VSM Estado Futuro**

O primeiro passo para a elaboração do VSM do Estado Futuro consistiu na eliminação do desperdício do fluxo total de produtos. Dito de outra forma, começou-se com a criação do VSM do Estado Futuro Ideal do Fluxo Total partindo do trabalho feito com o VSM do Estado Corrente do Fluxo Total. Este mapa seria o ponto de partida para a criação dos VSM de Estado Futuro Attingível dos componentes com objectivos bem definidos.

O Anexo 13 apresenta o VSM do Estado Futuro Ideal do Fluxo Total. Na sua criação teve-se em consideração os seguintes pontos:

- Implementar fluxo contínuo.** Este ponto é a base do pensamento magro: fazendo os produtos fluírem de processo em processo, sem paragens,

nem stocks. A observação directa do fluxo de valor permitiu identificar a presença de um fluxo descontínuo nas linhas de maquinaria de Árvores Primárias (ver figura 18) e Secundárias (ver figura 19), com uma enorme acumulação de stock em carros de transporte.



Figura 18 - Célula de Torneamento Árvores Primárias



Figura 19 - Célula de Talhagem Árvores Secundárias

- ii. **Implementar supermercados onde o fluxo não é contínuo.** Uma vez que os componentes são transferidos para pontos diferentes da fábrica e que existe a partilha de recursos, torna-se impossível aplicar um fluxo contínuo em toda a extensão do fluxo de valor. Os supermercados concentram o stock num só ponto, permitindo uma melhor gestão e, aplicando o *kanban*, o controlo da produção segundo o princípio JIT.

- iii. **Reduzir os lotes de maquinação.** Este ponto encontra-se associado ao ponto anterior, pois a implementação de supermercado com *kanban* só se justifica quando existe lotes de maquinação pequenos. O supermercado é uma necessidade de controlar fisicamente o stock quando existe lotes pequenos e quando o plano de produção supõe a alternância frequente das referências e produtos. O *kanban* surge aqui como meio de controlo da produção e reduz os fluxos de informação.
- iv. **Redução do tempo de mudança de ferramenta / Aplicação de *Single Minute Exchange of Die (SMED)*.** Este é outro ponto que se encontra relacionado com a implementação de supermercados, pois, a implementação dos supermercados e a redução do tamanho do lote de maquinação impõe uma frequente mudança de referências e de produtos, o que por sua vez, impõe uma frequente mudança de ferramentas. O tempo de mudança de ferramenta é um desperdício necessário, uma vez que, durante este período de tempo não está a ser gerado qualquer valor. Dessa forma, é importante reduzir este tempo de mudança de ferramenta ao máximo.
- v. **Redução do fluxo de informação.** O fluxo de informação deve ser o mais simples e directo quanto o possível. A razão é simples: evitar equívocos e reduzir o tempo dispendido com a transmissão dessa informação. A implementação de supermercados com *kanban* permite solucionar este problema: centraliza a informação em poucos processos, sendo o *kanban* o responsável por fluir a informação necessária para os restantes processos.
- vi. **Definir os stocks máximos entre os processos.** Ao definir um valor máximo para o stock estamos a impor um controlo mais rigoroso daquilo que é produzido e reduzimos os custos da empresa. Além disso, estamos a evidenciar os defeitos pois, tal como já foi visto no capítulo 1 e 2 deste trabalho, a redução de stock permite identificar os defeitos rapidamente e reduzir os custos com a recuperação desses mesmos defeitos.

No VSM do Estado Futuro Ideal surgem também dois pontos que já se encontram na fase de concepção na CACIA: a implementação de um programa de gestão para os Tratamentos Térmicos e a aplicação de um *Auto-Guided Vehicle* (AGV). O programa de gestão servirá para melhorar a gestão do programa de produção dos Tratamentos Térmicos, devido, em parte, ao facto de ser o processo com o maior tempo de ciclo. A aplicação de um AGV permitirá libertar recursos humanos e reduzir o stock intermédio.

Contudo, estimar um resultado com a aplicação do VSM do Estado Futuro Ideal seria demasiado complicado e sujeito a muitas variações. Dessa forma, não se apresentam quaisquer valores de stock ou de Tempo de Escoamento. O objectivo deste VSM, tal como foi dito na Metodologia, consistiu em apresentar objectivos concretos para os componentes e para aplicar por fases.

Portanto, os objectivos definidos para os VSM do Estado Futuro Atingível foram os seguintes:

- I. Implementar um fluxo contínuo na linha de maquinação de árvores primárias e secundárias.
- II. Eliminar desperdícios encontrados pela observação directa: repetição do processo de lavagem/secagem na secção de maquinação do Pinhão Louco 3ª; eliminação do processo de Escuta manual em todos os componentes, sendo automatizado e incorporado no final da secção de rectificação; eliminação do ponto de stock entre o processo de Torneamento do Cone (designação P01 no VSM) e o Torneamento da Face (designação P02 no VSM) do Pinhão Louco 5ª velocidade (ver figura 20).
- III. Definir os valores de stock máximo entre os vários processos, através de entrevistas feitas aos operadores e com base nas necessidades das linhas de montagem.



**Figura 20 - Ponto de stock no processo Torneamento da face do Pinhão Louco 5ª**

Para o cálculo do stock máximo presente no Armazém e no *Stock Picking* consideraram-se os seguintes pontos:

- Uma vez que a reposição de matéria-prima ocorre diariamente considerou-se que o seu stock máximo no Armazém não deverá exceder o equivalente a dois dias de produção respeitando o tamanho do lote do contentor de cada produto.
- Considerou-se que o cálculo do stock máximo para o *Stock Picking* deverá ter em conta o consumo médio das linhas de montagem das caixas de velocidade e o tamanho do lote de cada componente e considerou-se que não deverá exceder o consumo equivalente a 1.5 turnos. Considerou-se 1.5 turnos devido ao facto do turno da noite das linhas de montagem possuir uma capacidade de produção inferior ao dos restantes turnos. Dessa forma, constituiu-se uma margem de segurança.

Portanto, para o cálculo do stock máximo para o *Stock Picking* recolheram-se os dados relativos ao consumo de caixas de velocidade (o cliente) entre o período de Janeiro a Julho de 2010 e realizou-se o cálculo da média diária (ver figura 24):  $\approx 1613$  peças (excepto Coroa Diferencial pelo facto de possuir uma cadência de produção que difere dos restantes componentes). Os valores de stock máximo correspondem aos valores na coluna “Objectivo Stock Final” da figura 21,

calculados tendo por base que o valor de stock máximo no *Stock Picking* corresponde ao número de lotes necessários para satisfazer a média de consumo das linhas de montagem equivalente a 1.5 turnos.

Como resultado, apresentam-se nos Anexos 14 a 22, os VSM do Estado Futuro Atingível aplicado aos componentes.

SEMANA	Nº de caixas produzidas	Produto	Tamanho Lote Final	Objectivo Stock Final
S1	8024	Arvore Primaria	8	808
S2	8031	Arvore Secundária	8	808
S3	8140	Pinhão Louco 1ª	20	820
S4	8841	Pinhão Louco 2ª	20	820
S5	7125	Pinhão Louco 3ª	20	820
S6	8217	Pinhão Louco 4ª	20	820
S7	6554	Pinhão Louco 5ª	15	810
S8	8021	Pinhão Fixo 5ª	48	816
S9	8371	Coroa	80	640
S10	8455			
S11	7849	Média Semanal	8064,896552	
S12	8751	Média Diária	1612,97931	
S13	6399	Média 1,5 turnos	806,4896552	
S14	8422	Média Coroa Dif.	1150	
S15	8525	Média Coroa 1,5 turnos	575	
S16	8591			
S17	7742			
S18	8713			
S19	7057			
S20	8469			
S21	8420			
S22	8157			
S23	6961			
S24	9473			
S25	8651			
S26	8875			
S27	8767			
S28	7651			
S29	6630			

**Figura 21 - Cálculo do stock máximo para o *Stock Picking***

## **Síntese**

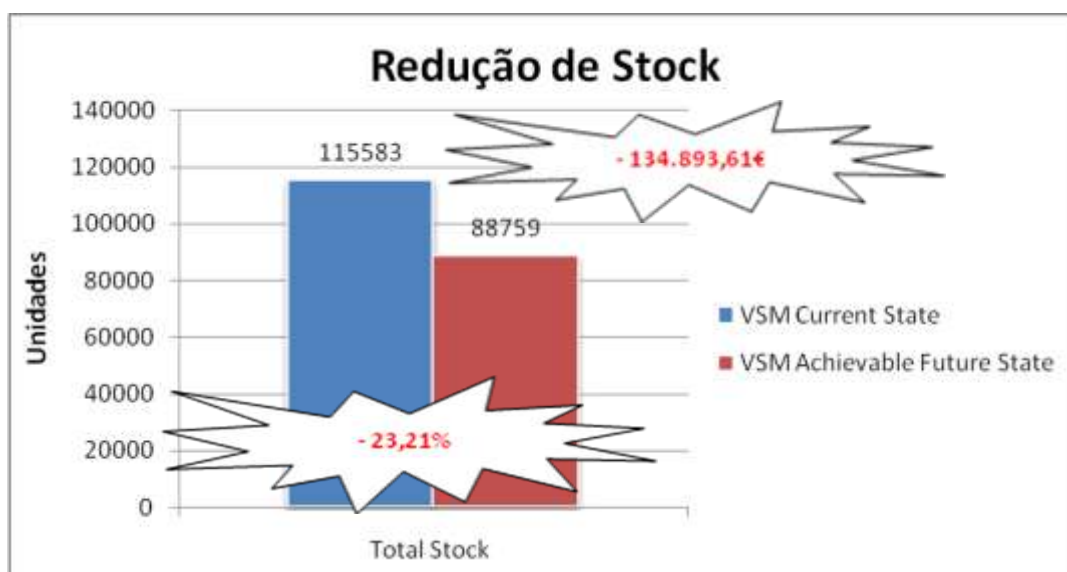
Em somatório, apresenta-se a tabela 6 com os resultados obtidos com os VSM do Estado Corrente e os VSM do Estado Futuro Atingível, e calcularam-se os ganhos em termos de stock (valor bruto) e em termos de TE.

Orgão Mecânico (Nº Peças)	VSM Current State	VSM Achievable Future State	Diferença		
Árvore Primária	9554	8303	1251		
Árvore Secundária	11944	9980	1964		
Pinhão Louco 1ª velocidade	12777	9575	3202		
Pinhão Louco 2ª velocidade	12766	9875	2891		
Pinhão Louco 3ª velocidade	12273	9157	3116		
Pinhão Louco 4ª velocidade	15340	11459	3881		
Pinhão Louco 5ª velocidade	16348	12253	4095		
Pinhão Fixo 5ª velocidade	16582	12297	4285		
Coroa Diferencial	7999	5860	2139		
<b>Total Stock</b>	<b>115583</b>	<b>88759</b>	<b>26824</b>	<b>unidades</b>	<b>23,21%</b>
<b>TE Total</b>	<b>68,56</b>	<b>52,47</b>	<b>16,09</b>	<b>dias</b>	<b>23,47%</b>

Tabela 6 - Resumo dos VSM criados e cálculo dos ganhos



Os gráficos 2 e 3 complementam a análise feita e demonstram a redução de stock em 23,21% e a recuperação de 134.893,61€ e, ainda, a redução do TE em 23,47%.



**Gráfico 2 - Redução do stock total**

O cálculo do custo associado à redução de stock total foi realizado com base na classificação de três tipos de valores:

1. Custo da matéria-prima.
2. Custo de transformação da peça branca (secção de Maquinação e Tratamento Térmico).
3. Custo de transformação da peça negra (secção de Fosfatação, Rectificação, *Stock Picking* e Escuta).

Órgão Mecânico (Nº Peças)	VSM Achievable Future State	
	TE (dias)	TVA (horas)
Árvore Primária	4,745	7,109
Árvore Secundária	5,703	7,796
Pinhão Louco 1ª velocidade	5,471	5,567
Pinhão Louco 2ª velocidade	5,643	7,151
Pinhão Louco 3ª velocidade	5,233	8,230
Pinhão Louco 4ª velocidade	6,548	6,694
Pinhão Louco 5ª velocidade	7,002	9,106
Pinhão Fixo 5ª velocidade	7,027	8,418
Coroa Diferencial	5,096	6,778

**Tabela 7 - Resultados finais do Tempo de Escoamento e Tempo de Valor Acrescentado para os VSM Achievable Future State**

Como podemos ver pela tabela 7, o componente com o pior desempenho (maior valor de TE) continua a ser o Pinhão Fixo de 5ª velocidade. Apesar disso, foi possível reduzir o valor de TE de 9,475 dias no VSM do Estado Corrente para 7,027 dias no VSM do Estado Futuro Atingível, valor que corresponde a uma redução em 25,84% do TE.

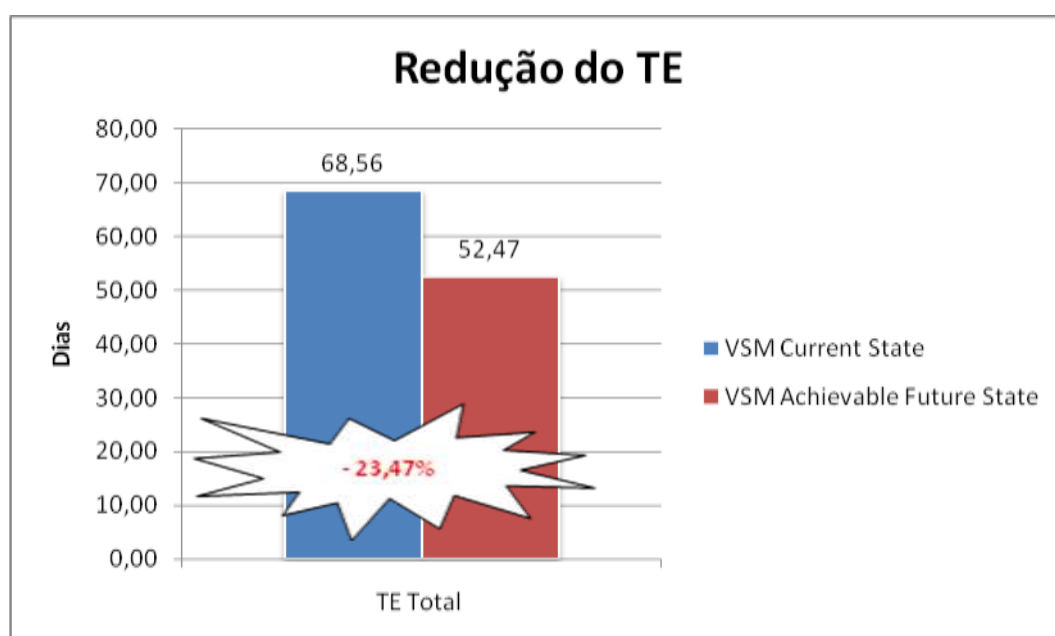


Gráfico 3 - Redução do Tempo de Escoamento

## 5.4 As optimizações

Com base nos VSM do Estado Futuro Atingível dos componentes definiram-se as seguintes optimizações para objecto de um estudo mais pormenorizado:

- ✓ Reduzir os Lotes de Maquinação – pretende-se produzir com base na redução do tamanho de lote em 70%.
- ✓ *Re-layout* da linha de Maquinação (secção de Tornos) de Árvores Primárias.
- ✓ *Re-layout* da linha de Maquinação de Árvores Secundárias.

#### **5.4.1 Redução do Tamanho de Lote de Maquinação**

Uma das dificuldades contestadas reside na utilização de grandes lotes de peças entre os processos, que origina acumulação de stock. Mas mudar simplesmente o tamanho do lote para o menor valor possível reserva alguns entraves:

1. Produção mínima rentável - pois mudar de série implica a mudança de referência (engloba a mudança de ferramenta, afinação e aprovação da série) que eleva o tempo de paragem;
2. Os carros utilizados para transportar as peças da maquinação para os Tratamentos Térmicos usam cargas completas de peças, pois os fornos de carbonitruração foram concebidos com base neste sistema. Mudar o sistema de carga e de operação poderia implicar a perda de qualidade dos produtos e a redução da rentabilidade operacional.

Contudo, surgiu uma outra forma de contornar este obstáculo. Os carros usados transportam, para qualquer referência, 3 pratos (ver figura 22). Considerando a hipótese de, em vez de se produzir com base nos 3 pratos completos, se produzir com base em um prato poderá ser possível reduzir os valores de stock entre processos e melhorar a flexibilidade perante as necessidades dos clientes – a linha de montagem. Além do mais, será possível reduzir a quantidade de inventário no *Stock Picking* e em todos os stocks intermédios. Considerou-se que as referências cujo Tempo de Consumo (TC) fosse superior a 2 dias seriam as candidatas ideais a produzir com base na quantidade de prato. As referências que se encontram abaixo desse valor mantêm o mesmo lote de maquinação usado.



**Figura 22 - Carro Transporte**

O primeiro passo para a redução do lote de maquinação foi a elaboração de uma análise estatística ao consumo de peças ao longo do tempo. Para o efeito considerou-se o registo do consumo diário de caixas de velocidades de ambas linhas de montagem (linha 2 e linha 3).

O próximo passo foi a introdução dos dados no programa SPSS Statistics. Uma vez feita a introdução dos dados foi feita uma selecção de dados para cada referência. Esta selecção de dados permitiu ignorar todos os registos de não consumo, isto é, ignorar os dias em que é registado zero (0) de consumo.

No SPSS utilizou-se o sub-comando *select cases* no menu *Data* para considerar os dados de cada referência quando o valor é superior a zero. O passo seguinte consistiu no cálculo o valor da média do consumo para um intervalo de confiança. Para o efeito, usou-se o comando *Analyze: Explore* com a definição (por convenção) de intervalo de confiança de 95%. Acrescentou-se ainda os resultados dos coeficientes de *Kurtosis* e de *Skewness*, assim como o máximo e mínimos registados. Por último registou-se o número de casos em que houve um consumo de peças (nº de observações utilizadas). Uma vez feita esta análise para todas as referências, compilou-se os dados na tabela 8 e na tabela 9.

Componente	Média do consumo diário	Barreira Inferior Para 95% Confiança	Barreira Superior Para 95% de Confiança	Mediana	Erro da Estatística	Mínimo	Máximo	Skewness	Kurtosis	Nº de Observações utilizadas
ARP_A	1594,2113	1553,919	1634,5036	1636	20,38124	228	1813	-2,263	9,331	142
ARP_G	37,4828	31,5013	43,4642	24	3,00889	3	144	1,386	2,014	87
ARP_E	21,4737	14,7925	28,1549	24	3,18014	1	60	1,092	2,023	19
ARP_Light	5,5	3,5589	7,4411	3,5	0,93831	1	15	0,633	-1,122	24
ARP_F	2,3333	-1,4612	6,1279	2	0,88192	1	4	0,935		3
ARS_15X58	503,617	474,0618	533,1723	512	14,94914	93	986	0,149	-0,452	141
ARS_15X56	269,4855	247,1052	291,8658	264,5	11,31785	1	742	0,378	0,536	138
ARS_15X56_1	9,5789	6,0214	13,1365	12	1,69332	1	24	0,279	-0,634	19
ARS_16X57	63,5138	54,1857	72,8418	48	4,70596	1	316	1,676	5,292	109
ASR_15X61	33,5185	22,071	44,966	24	5,56914	2	124	1,602	2,734	27
ARS_17X56	141,4638	128,5175	154,4101	131,5	6,54703	1	420	0,906	1,258	138
ARS_14X63	38,9157	32,509	45,3223	36	3,22053	1	136	1,077	0,888	83
ARS_17x56_1	6,5833	3,2602	9,9065	5	1,50986	1	15	0,357	-1,714	12
ARS_16X55	304,7113	277,3813	332,0412	288,5	13,82444	10	753	0,539	0,244	142
ARS_14X69	11,931	9,3037	14,5584	12	1,28263	1	36	1,374	4,992	29
ARS_14X69_1	155,6692	138,7083	172,63	141	8,64098	1	515	0,729	0,491	133
ARS_14X59	195,8175	175,755	215,8801	168	10,14511	12	562	0,732	0,116	137
PL1_11X41	1469,8662	1430,1299	1509,6025	1512	20,10001	240	1903	-1,798	6,221	142
PL1_11X37	18,8636	12,4366	25,2906	16,5	3,09048	1	60	1,04	1,581	22
PL1_11X41_1	154,7794	137,9635	172,5935	142	8,50281	1	515	0,715	0,453	136
PL2_21X43	1618,1056	1577,7887	1658,4226	1651	20,3937	240	2101	-2,344	9,918	142
PL2_22X41	18,8636	12,4366	25,2906	16,5	3,09048	1	60	1,04	1,581	22
PL3_28X37	1598,0634	1557,9299	1638,1969	1640	20,30091	228	2041	-2,252	9,274	142
PL3_28X39	37,4828	31,5013	43,4642	24	3,00889	3	144	1,386	2,014	87
PL4_35X34	1597,0845	1556,9437	1637,2254	1636	20,30462	228	2041	-2,261	9,342	142
PL4_31X29	5,5	3,5589	7,4411	3,5	0,93831	1	15	0,633	-1,122	24
PL4_34X35	2,3333	-1,4612	6,1279	2	0,88192	1	4	0,935		3
PL4_31X34	37,4828	31,5013	43,4642	24	3,00889	3	144	1,386	2,014	87

Tabela 8 - Compilação de resultados para a média de consumo

Componente	Média do consumo diário	Barreira Inferior Para 95% Confiança	Barreira Superior Para 95% de Confiança	Mediana	Erro da Estatística	Mínimo	Máximo	Skewness	Kurtosis	Nº de Observações utilizadas
PL5_41X31	705,4085	672,3298	738,4871	694	16,73233	96	1184	0,036	0,283	142
PL5_37X33	37,4828	31,5013	43,4642	24	3,00889	3	144	1,386	2,014	87
PL5_45X31	5,5	3,5589	7,4411	3,5	0,93831	1	15	0,633	-1,122	24
PL5_42X31	807,9645	772,8813	843,0478	804	17,74521	292	1402	0,066	-0,235	141
PL5_39X32	87,6306	75,2518	100,0095	72	6,24637	1	335	1,367	2,221	111
PL5_39X31	41,9014	35,1582	48,6446	36	3,38098	1	136	1,125	1,155	71
PF5_41X31	705,4085	672,3298	738,4871	694	16,73233	96	1184	0,036	0,283	142
PF5_37X33	37,4828	31,5013	43,4642	24	3,00889	3	144	1,386	2,014	87
PF5_45X31	5,5	3,5589	7,4411	3,5	0,93831	1	15	0,633	-1,122	24
PF5_42X31	807,9645	772,8813	843,0478	804	17,74521	292	1402	0,066	-0,235	141
PF5_39X32	87,6306	75,2518	100,0095	72	6,24637	1	335	1,367	2,221	111
PF5_39X31	41,9014	35,1582	48,6446	36	3,38098	1	136	1,125	1,155	71
CD_15X56	270,8043	248,3903	293,2184	270	11,33491	1	742	0,373	0,508	138
CD_15X58	503,5887	474,0278	533,1495	512	14,95197	92	986	0,148	0,406	141
CD_16X57	63,5138	54,1857	72,8418	48	4,70596	1	316	1,676	5,292	109
CD_15X58_1	2	-10,7062	14,7062	2	1	1	3			2
CD_17X56	132,3507	119,7303	144,9712	121,5	6,38055	2	372	0,952	1,071	134
CD_16X55_1	304,7113	277,3813	332,0412	288,5	13,82444	10	753	0,539	-0,244	142
CD_15X61	3	0,5159	5,4841	3	0,57735	2	4	0		3
CD_14X69	11,931	9,3037	14,5584	12	1,28263	1	36	1,374	4,992	29
CD_15X61_1	35,84	24,1529	47,5271	24	5,66265	9	121	1,569	2,444	25
CD_14X63	8,5	-48,6779	65,6779	8,5	4,5	4	13			2
CD_14X63_1	38,7108	32,3122	45,1094	36	3,21648	1	136	1,101	0,94	83
CD_14X69_1	155,6692	138,7083	172,63	141	8,57433	1	515	0,729	0,491	133
CD_14X59	195,8175	175,755	215,8801	168	10,14511	12	562	0,732	0,116	137
CD_17X56_1	24,88	21,0427	28,7173	24	1,92583	1	108	2,187	7,889	75

**Tabela 9 - Compilação dos resultados para a média de consumo (continuação)**

Neste conjunto de dados foram rejeitados 3 componentes/referências devido ao facto de serem constantes (não houve qualquer consumo):

- ✓ Árvore Secundária – 14x73;
- ✓ Caixa Diferencial – 16x55;
- ✓ Caixa Diferencial – 14x73;

O passo seguinte consistiu no cálculo do Tempo de Consumo (TC) e do Tempo de Consumo (Proposta) apresentados nas equações 9 e 10 e introduzidas no Excel:

$$TempoConsumo = arred. para. cima \left( \frac{(max.observações \times lote.actual(ref.))}{(n^{\circ}observações (ref.) \times média.consumo (ref.))}; 1 \right) \quad (9)$$

$$TempoConsumo(Proposta) = arred. para. cima \left( \frac{(max.observações \times lote.proposto(ref.))}{(n^{\circ}observações (ref.) \times média.consumo (ref.))}; 1 \right) \quad (10)$$

O objectivo deste cálculo consistiu em saber qual seria o tempo necessário para consumir um lote de maquinaria completo com base nos consumos registados. Com base nos cálculos feitos foram elaboradas as tabelas 10 e 11.

Referência	Média do consumo	Lote Actual	Nº de obs.	Tempo consumo	Lote proposto	Tempo Consumo (proposta)	Redução TC
ARP_A	1594,21	147	142	0,1	147	0,1	0,0
ARP_G	37,48	147	87	6,5	49	2,2	-4,3
ARP_E	21,47	147	19	51,2	49	17,1	-34,1
ARP_Light	5,50	147	24	158,2	49	52,8	-105,4
ARP_F	2,33	147	3	2982,1	49	994,1	-1988,0
ARS_14X59	195,82	252	137	1,4	252	1,4	0,0
ARS_14X63	38,92	252	83	11,1	84	3,7	-7,4
ARS_14X69	11,93	252	29	103,5	84	34,5	-69,0
ARS_14X69_1	155,67	252	133	1,8	252	1,8	0,0
ARS_15X56	269,49	252	138	1,0	252	1,0	0,0
ARS_15X56_1	9,58	252	19	196,7	84	65,6	-131,1
ARS_15X58	503,62	252	141	0,6	252	0,6	0,0
ARS_16X55	304,71	252	142	0,9	252	0,9	0,0
ARS_16X57	63,51	252	109	5,2	84	1,8	-3,4
ARS_17X56	141,46	252	138	1,9	252	1,9	0,0
ARS_17x56_1	6,58	252	12	453,0	84	151,0	-302,0
ASR_15X61	33,52	252	27	39,6	84	13,2	-26,4
ARS_14X73	CONSTANTE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PL1_11X37	18,86	420	22	143,8	140	48,0	-95,8
PL1_11X41	1469,87	420	142	0,3	420	0,3	0,0
PL1_11X41_1	154,78	420	136	2,9	140	1,0	-1,9
PL2_21X43	1618,11	420	142	0,3	420	0,3	0,0
PL2_22X41	18,86	420	22	143,8	140	48,0	-95,8
PL3_28X37	1598,06	588	142	0,4	588	0,4	0,0
PL3_28X39	37,48	588	87	25,7	196	8,6	-17,1
PL4_31X29	5,50	420	24	451,9	140	150,7	-301,2
PL4_31X34	37,48	420	87	18,3	140	6,1	-12,2
PL4_34X35	2,33	420	3	8520,2	140	2840,1	-5680,1
PL4_35X34	1597,08	420	142	0,3	420	0,3	0,0

**Tabela 10 - Cálculo da redução do tamanho de lote de maquinação**

Referência	Média do consumo	Lote Actual	Nº de obs.	Tempo consumo	Lote proposto	Tempo Consumo (proposta)	Redução TC
PL5_37X33	37,48	756	87	33,0	252	11,0	-22,0
PL5_39X31	41,90	756	71	36,1	252	12,1	-24,0
PL5_39X32	87,63	756	111	11,1	252	3,7	-7,4
PL5_41X31	705,41	756	142	1,1	756	1,1	0,0
PL5_42X31	807,96	756	141	1,0	756	1,0	0,0
PL5_45X31	5,50	756	24	813,3	252	271,1	-542,2
PF5_37X33	37,48	1260	87	54,9	420	18,3	-36,6
PF5_39X31	41,90	1260	71	60,2	420	20,1	-40,1
PF5_39X32	87,63	1260	111	18,4	420	6,2	-12,2
PF5_41X31	705,41	1260	142	1,8	1260	1,8	0,0
PF5_42X31	807,96	1260	141	1,6	1260	1,6	0,0
PF5_45X31	5,50	1260	24	1355,5	420	451,9	-903,6
CD_14X59	195,82	180	137	1,0	180	1,0	0,0
CD_14X63	8,50	180	2	1503,6	60	501,2	-1002,4
CD_14X63_1	38,71	180	83	8,0	60	2,7	-5,3
CD_14X69	11,93	180	29	73,9	60	24,7	-49,2
CD_14X69_1	155,67	180	133	1,3	180	1,3	0,0
CD_15X56	270,80	180	138	0,7	180	0,7	0,0
CD_15X58	503,59	180	141	0,4	180	0,4	0,0
CD_15X58_1	2,00	180	2	6390,0	60	2130,0	-4260,0
CD_15X61	3,00	180	3	2840,0	60	946,7	-1893,3
CD_15X61_1	35,84	180	25	28,6	60	9,6	-19,0
CD_16X55_1	304,71	180	142	0,6	180	0,6	0,0
CD_16X57	63,51	180	109	3,7	60	1,3	-2,4
CD_17X56	132,35	180	134	1,5	180	1,5	0,0
CD_17X56_1	24,88	180	75	13,7	60	4,6	-9,1
CD_16X55	CONSTANTE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CD_14X73	CONSTANTE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Média Diária Caixas velocidade	1661						
Tamanho do lote de CV	12						
Total de observações	142						

**Tabela 11 - Cálculo da redução do tamanho de lote de maquinação (continuação)**



Verifica-se que a referência com maior Tempo de Consumo é a referência PL4\_34x35, que segundo a coluna “Nº de obs.” foi consumida 3 vezes com uma média de aproximada de 2.3 peças, e apresenta o maior Tempo de Consumo  $\approx$  8520,2 dias. Este valor é claramente irreal: cerca de 30 anos!

A base do modelo desta análise constituiu na assunção que todas as referências são produzidas com base no tamanho do lote de maquinação, mas, em boa verdade, essa não é a realidade. Na realidade o TGP altera o lote de produção das referências de baixo consumo para um valor baseado nos consumos efectuados e na quantidade por prato. Devido ao facto do lote de maquinação não ser respeitado, estas peças são seguidas com cuidado para não gerar mistura de referências.

Um dos problemas por detrás deste facto encontra-se na grande diversidade de caixas de velocidade que gera este conflito com várias referências/baixos consumos. Deverá ser um esforço da empresa tentar diminuir/eliminar a existência de referências “exóticas” ou, em alternativa, impulsionar o consumo destas referências para valores de produção rentáveis.

Soma stock Lote Actual	23331			
Soma stock Lote Proposto	13523,0	Redução stock	9808,0	42,04%
Soma TC Lote Actual	26577,7			
Soma TC Lote Proposto	8873,7	Redução TC	17704,0	66,61%

**Figura 23 - Resultados finais da redução do lote de maquinação**

Como podemos ver pela figura 23, ao reduzir o lote de produção das referências de baixo consumo para 1/3 permitiu reduzir a quantidade de stock em 42,04% e o Tempo de Consumo em 66,62%. O resultado foi obtido considerando a soma do número de peças produzidas por cada componente/referência para o valor de lote actual e proposto.

Contudo, a empresa só beneficiará do aumento da rotatividade de produtos/referências se os tempos de mudança de referência também forem reduzidos. Para essa redução acontecer encontram-se duas dificuldades:

- Existe uma grande variabilidade de TMR: normalmente a mudança de série é feita em tempo encoberto, ou seja, os operadores conseguem

mudar as ferramentas e aprovar a série sem que haja uma grande afectação de stock. Dessa forma, o TMR do fluxo total é reflexo do tempo de mudança de referência mais elevado, que, em alguns componentes é cerca de 1,5h. Para que a redução do tamanho do lote de maquinação seja viável será necessário haver uma redução do TMR e da sua variabilidade entre produtos.

- Na CACIA nem todas as equipas fazem a mudança de ferramentas. Para algumas linhas de maquinação, é o turno/equipa da manhã que faz a mudança de ferramentas, pois é a única que o sabe fazer. Além disso, a frequente mudança das equipas dificulta o processo de aprendizagem.

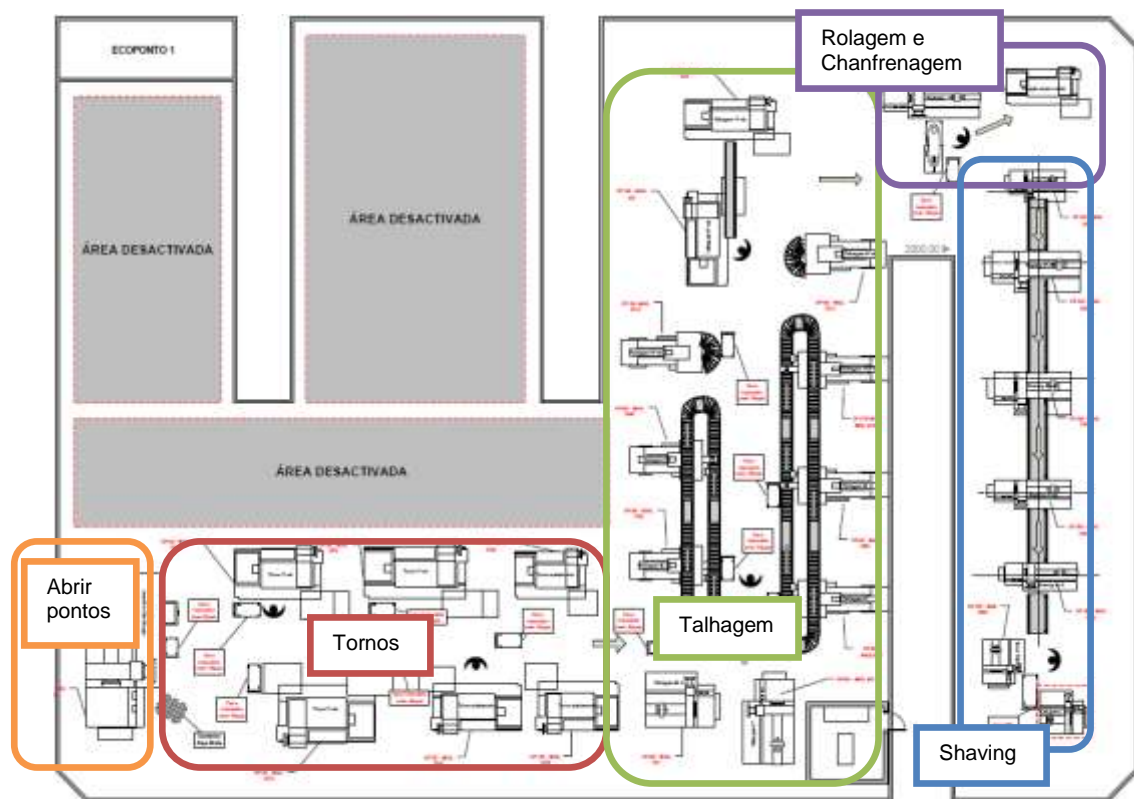
#### **5.4.3 Re-layout da linha de Maquinação de Árvores Primárias**

A presença de carros de transporte intermédios é um indício prévio de que existem três desperdícios – sobre-produção, excesso de stock e atraso desnecessário. A sobre-produção dificulta o controlo da quantidade de produtos e cria inflexibilidade para alternar as referências de produtos. O excesso de stock é um custo para a empresa em termos de recursos e tempo, e esconde peças defeituosas. O atraso desnecessário consiste no tempo em que as peças aguardam entre processos e durante este tempo essas peças não estão a gerar valor. Com a análise feita no terreno foi possível constatar estes factos e verificar que a implementação de um fluxo de produção contínuo é uma prioridade.

A Figura 24 apresenta, em versão simplificada, o actual *layout* da célula de maquinação de Árvores Primárias. Para a criação deste mapa utilizou-se o desenho da planta fornecida pelo gabinete de Engenharia e, recorrendo ao Microsoft Visio®, elaborou-se uma versão simplificada. O tipo de máquinas escolhido foi aleatório, pois a prioridade foi dada para a dimensão que ocupam. No Anexo 23 pode-se visualizar o *layout* desta célula com maior detalhe. Como se pode constatar o fluxo das peças não é o ideal, e nota-se claramente a presença de stocks intermédios na secção de Torneamento. A área desactivada está ocupada com maquinaria oriunda de projectos que terminaram e acabaram por se tornar obsoletos até que seja dada a ordem de eliminação ou nova reutilização.

Essa área não está a contribuir para a geração de valor, pelo que se torna um ponto de melhoria.

Feitas as conclusões foi elaborado um *re-layout* desta célula introduzindo um fluxo “contínuo”.



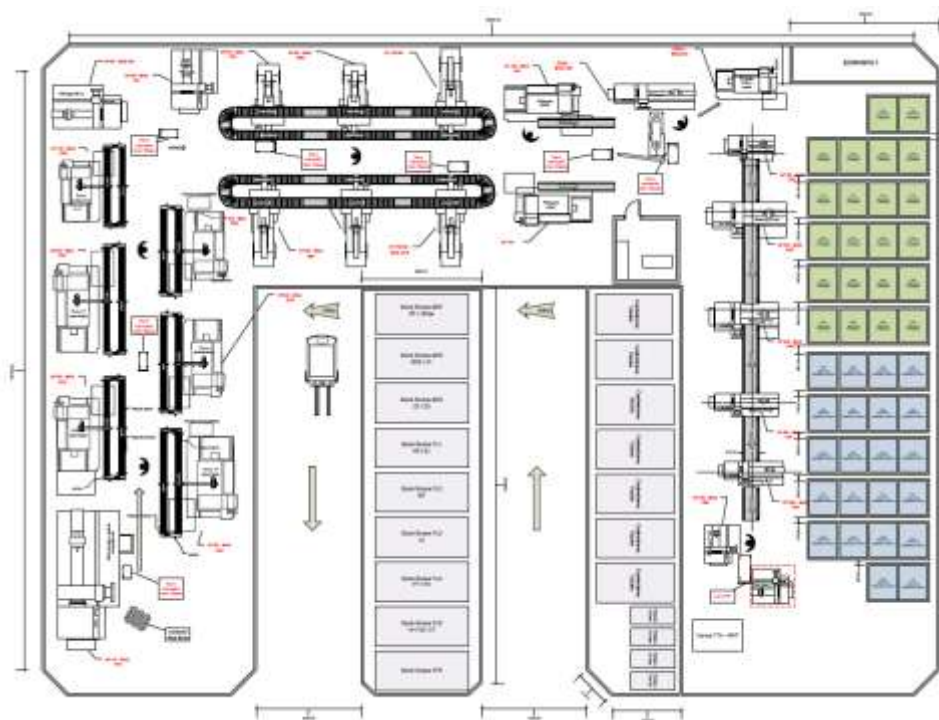
**Figura 24 - Layout da célula de maquinação Árvore Primária**

Pela figura 25 e o Anexo 24 podemos verificar as seguintes alterações:

- Novo *layout* em forma de U invertido. O fluxo de peças foi simplificado, fazendo com que as peças sigam de uma secção para a seguinte mais facilmente.
- Introdução de tapetes circulares nas máquinas de torneamento e adição de braços mecânicos que fazem a transferência das peças entre o interior das máquinas para o tapete de transporte. Com isto reduz-se a intervenção humana e o tempo de reposição de peças. Os operadores terão mais tempo disponível para tarefas relacionadas com a qualidade e com a gestão de referências.
- Substituição da Máquina 2012 e 429 por uma máquina do tipo 2418. Elimina-se a presença de duas máquinas com elevados tempos de mudança de referência

(1,5h para a máquina 2012) e estabiliza-se as diferenças de tempo de ciclo entre os dois fluxos de peças na Talhagem.

- Substituição da máquina 2014 por uma máquina do tipo 430. Elimina-se a presença de uma máquina com elevado tempo de mudança de referência (1,5h) e estabiliza o fluxo de peças oriundo das duas linhas de Talhagem.
- Revitalizada a área desactiva, surge a hipótese de transferir o *stock* de peças brutas para a zona fabril com a introdução de estantes de rolos. A estante teria a capacidade para 3 contentores e com três níveis de altura. Também seria possível criar uma área dedicada para os contentores e paletes vazias. Um dos benefícios desta melhoria resulta da redução do tempo dispendido com a reposição de matéria-prima e o consumo estaria de acordo com a regra FIFO.
- Criação de uma área dedicada ao *stock* de peças oriundas dos Tratamentos Térmicos e da Fosfatação. A Fosfatação é o processo adjacente à linha de maquinação de ARP, e por essa razão, torna-se lógico que as peças devam ficar próximas à sua área de operação.



**Figura 25 - Re-layout da célula de maquinação Árvore Primária**

No Anexo 25 consta a vista detalhada da implementação de tapetes circulares para os Tornos.

#### 5.4.4 Re-layout da linha de Maquinação de Árvores Secundárias

Operando de forma idêntica, foi também elaborado um *re-layout* à linha de Maquinação de Árvores Secundárias.

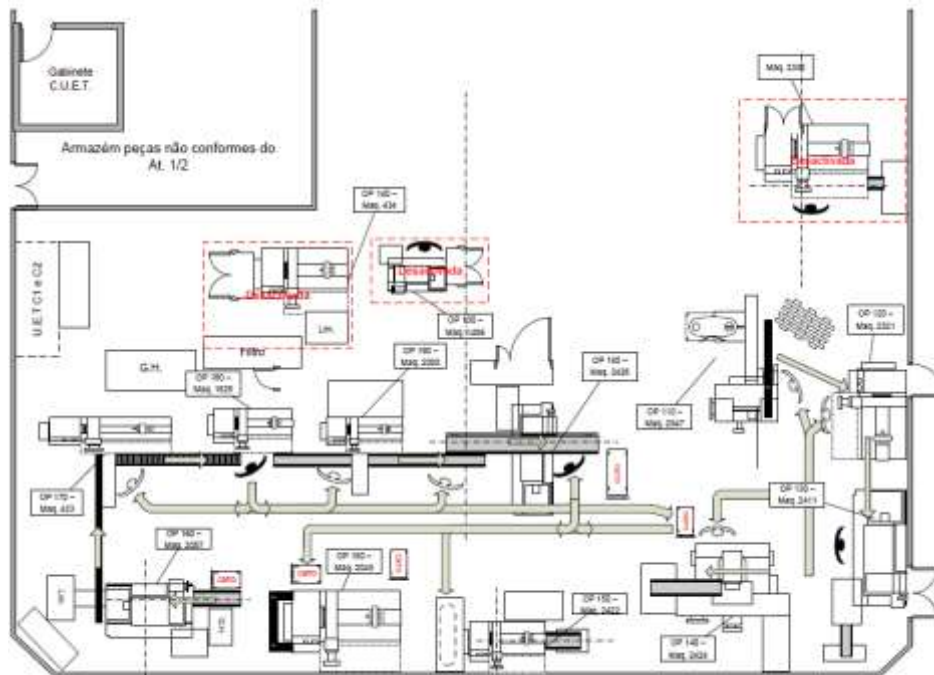


Figura 26 - Layout da célula de Maquinação Árvores Secundárias

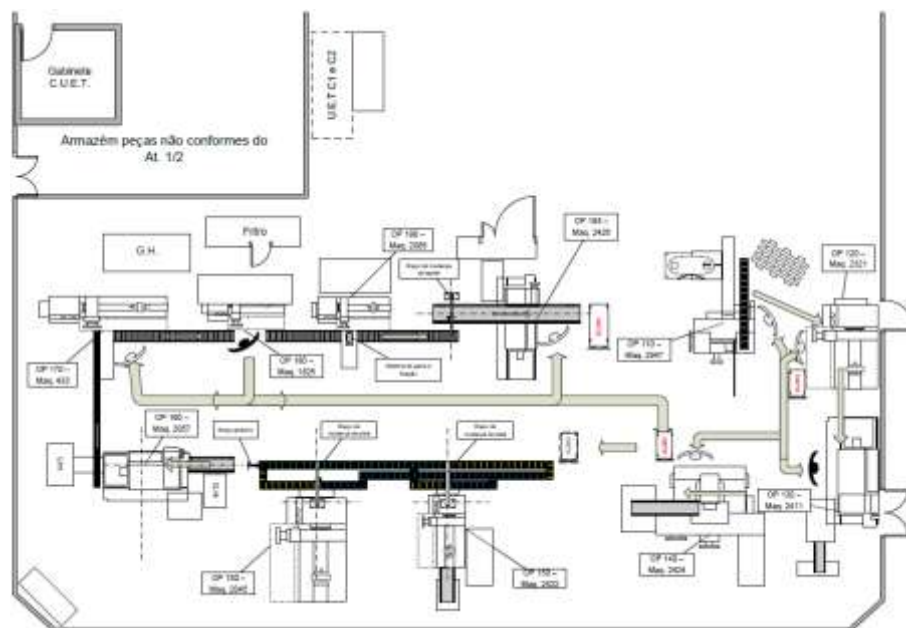
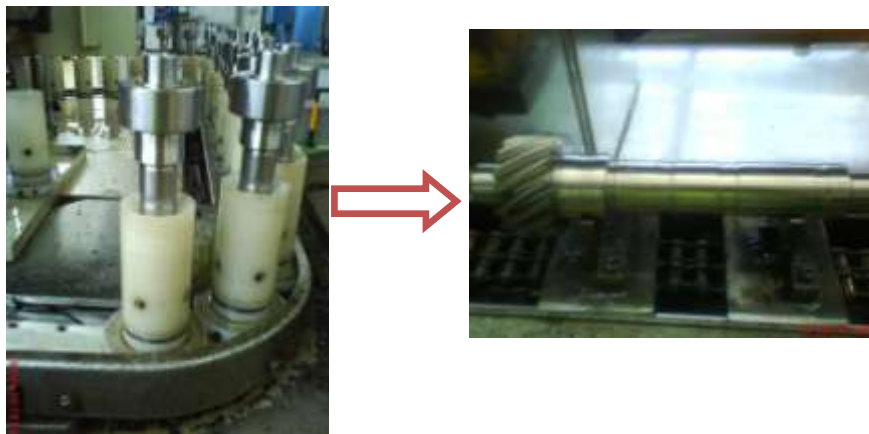


Figura 27 - Re-layout da linha de Maquinação de Árvores Secundárias

Como podemos verificar pelas figuras 26 e 27 e pelos anexos 26 e 27 foram elaboradas as seguintes alterações:

- Nova disposição da maquinaria e rotação do sentido das máquinas de Talhagem de forma a acoplar tapetes rolantes.
- Introdução de tapetes rolantes na secção de Talhagem. Criou-se um sistema de tapetes rolantes para gerir a transferência de peças para cada máquina. Acrescentaram-se braços mecânicos para a introdução das peças não maquinadas na máquina e para a transferência das peças maquinadas para um tapete específico.
- Introdução de um sistema de braço mecânico para o transporte das peças maquinadas oriundas da Talhagem para a secção de Furações e Roscagem. O braço terá a capacidade de girar peça do sentido vertical para o sentido horizontal, pois as máquinas de Talhagem operam no sentido vertical e as máquinas de Furação e Roscagem operam no sentido horizontal (ver figura 28).



**Figura 28 – Sistema de fixação de Árvore Secundária na posição vertical e horizontal**

- Tapete rolante horizontal de base fixa entre a Chanfrenagem (Máquina 1825/OP180) e o *Shaving* (Maquina 2426/OP195).
- Introdução de um braço mecânico para a introdução automática de peças na máquina 2005 (ver figura 29).





**Figura 29 - Sistema de fixação actual de ARS (Máquina 2005)**

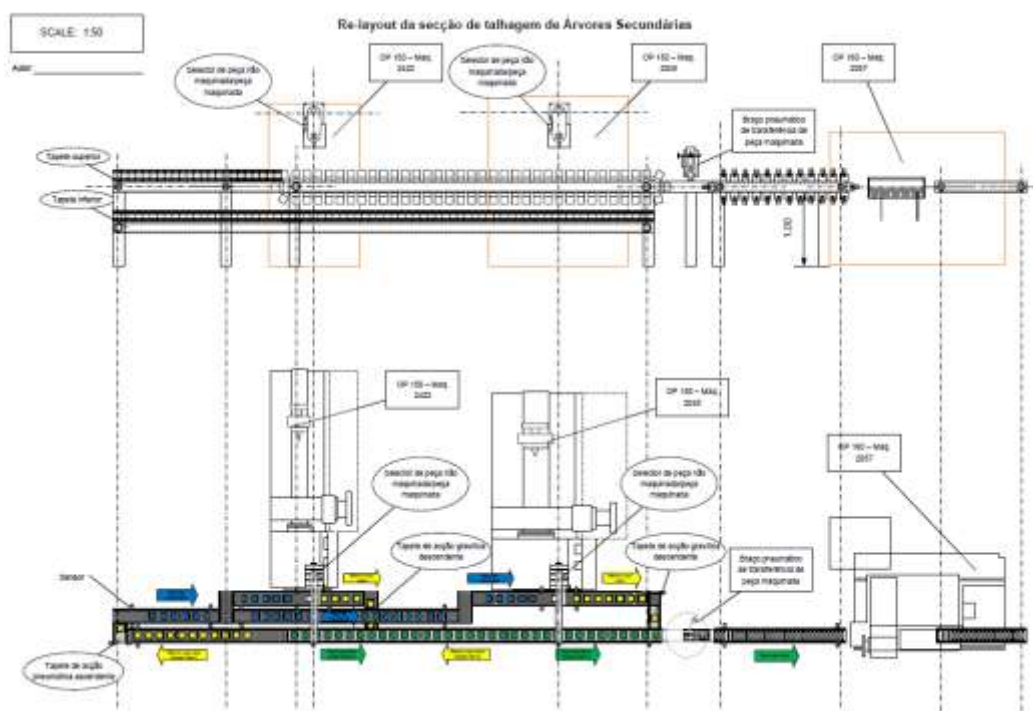
- Introdução de um braço mecânico à entrada da máquina 2426 para a transferência das peças que chegam da operação 190: Rolagem das Estrias - 2 Diâmetros (ver figura 30).



**Figura 30 - Tapete de transporte Máquina 2426**

- Redução do número de operadores e da quantidade de movimentações dos operadores.

Importa ainda mostrar o desenho detalhado para o sistema de tapetes rolantes criado para a Talhagem (figura 31 e Anexo 28).



**Figura 31 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes na Talhagem de ARS**

Como se pode verificar existem dois tipos de tapetes rolantes:

1. Tapete rolante de copo livre;
2. Tapete rolante de copo fixo;

Existem também três fluxos diferentes:

1. Fluxo de peças não maquinadas (azul);
2. Fluxo de retorno do copo vazio (amarelo);
3. Fluxo de peças maquinadas (verde);

O tapete de retorno está posicionado por baixo do tapete de peças maquinadas enquanto os tapetes de peças não maquinadas estão posicionados por cima. Os copos vazios são transportados para o tapete de retorno por meio de uma rampa de acção gravítica. Para retornar os copos vazios para o tapete de carregamento de peças introduziu-se um braço de acção pneumática e de uma rampa para fazer a transferência. Foram dispostos diversos sensores por todos os tapetes para que haja controlo automático do funcionamento das máquinas e para evitar excedente de peças. Também foram dispostos sensores junto aos tapetes de carregamento de peças para fazer a gestão das peças para cada máquina.



## 6. Conclusões e Investigações Futuras

### Conclusões

- A implementação do VSM ignorou um aspecto de grande importância: o rendimento operacional. O VSM preocupa-se com o cliente e ignora os custos de operação e manutenção da empresa. Na óptica do VSM, o rendimento operacional é resultado directo da constituição de processos adequados às necessidades. No entanto, o estado actual do mercado automóvel é caracterizado pela grande variabilidade da procura e encontra-se extremamente influenciado pelo custo do petróleo, que faz com que o rendimento operacional seja uma variável de grande amplitude ao longo do tempo.
- A grande vantagem do *Value Stream Mapping* reside na observação directa do fluxo de valor. Tal como Rother e Shook (1999) e Jones e Womack (2002) afirmam: o mapa, o desenho em si, é apenas uma ferramenta que ajuda a visualizar o percurso e a compilar os dados. A mais-valia do VSM está na capacidade da pessoa e/ou equipa em ver o desperdício, identificá-lo e eliminá-lo. Essa capacidade do VSM é a chave do seu sucesso: a identificação do desperdício e a sua erradicação.
- O VSM permitiu uma redução de stock em 23,21% que corresponde à recuperação de 134.893,61€. Este resultado permitiu diminuir o Tempo de Escoamento do Fluxo Total para 7,027 dias (TE do Pinhão Fixo 5ª velocidade).
- O estudo elaborado em torno da redução do tamanho do lote de maquinaria em 70% revelou que é possível obter uma recuperação de  $\approx 42\%$  do stock existente. A redução do tamanho do lote permitiu também reduzir o Tempo de Consumo dos lotes de maquinaria em  $\approx 67\%$ , o que melhora a rotatividade dos materiais e reduz os custos da empresa.
- Numa avaliação pessoal, o VSM implementado demonstrou-se ser uma ferramenta de grande utilidade para a empresa: a capacidade de demonstrar eficazmente o desempenho da empresa aliada à identificação dos

desperdícios torna o VSM numa ferramenta essencial para qualquer organização.

## **Investigações Futuras**

Ficam por desenvolver as seguintes investigações na óptica do *Value Stream Mapping* e da criação de um fluxo produtivo *lean*:

- Elaborar novos VSM do Estado Futuro Atingível com a implementação da redução dos lotes de maquinaria e dos supermercados;
- Elaborar um estudo sobre a implementação do *kanban* nos supermercados de forma a controlar automaticamente a gestão de produção;
- Elaborar o VSM Geral do Estado Corrente e Estado Futuro da fábrica – Fornecedores e Clientes;
- Redução da quantidade de peças brutas por contentor;
- Elaborar uma simulação dos *re-layouts* apresentados de forma a complementar a análise feita.

## 7. Bibliografia

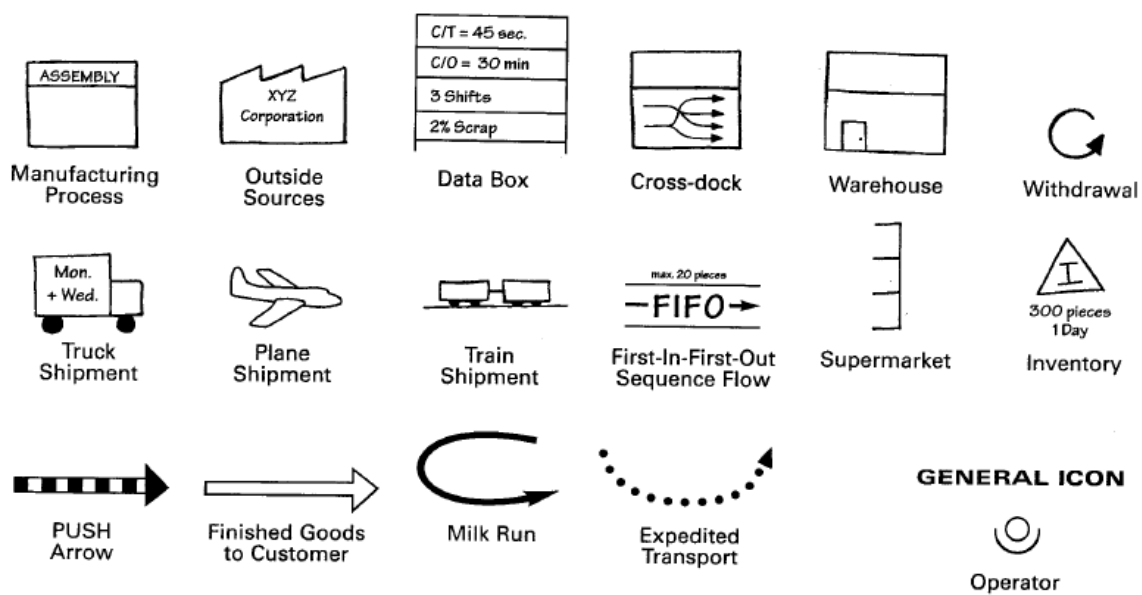
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *Internacional Journal of Operations & Production Management* , Vol. 17, 46-64.
- Hines, P., Rich, N., & Esain, A. (1999). Value stream mapping. A distribution industry application. *Benchmarking: An International Journal* , Vol. 6, 60-77.
- Jones, D., & Womack, J. (2002). *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. Massachusetts, EUA: Lean Enterprise Institute.
- Lasa, I., Laburu, C., & Vila, R. (2008). An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal* , Vol. 14, 39-52.
- Moden, Y. (1993). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (2nd ed. ed.). Norcross, GA: Industrial Engineering an Management Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production*. (L. Kraus Productivity Press, Trad.) New York, EUA: Productivity Press.
- Rich, N., Bateman, N., Esain, A., Massey, L., & Samuel, D. (2006). *Lean Evolution - Lesson from the Workplace*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda* (Versão 1.2 ed.). Brookline, Massachusetts, EUA: The Lean Enterprise Institute.
- Salgado, E., Mello, C., Silva, C., Oliveira, E., & Almeida, D. (2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão de Produção* , vol. 16, 344-356.
- Schonberger, R. J. (1984). *Técnicas Industriais Japonesas - Nove Lições Ocultas Sobre a Simplicidade* (3ª Edição ed.). (O. Chiquetto, Trad.) São Paulo, Brazil: Livraria Pioneira Editora.
- Seth, D., Seth, N., & Goel, D. (2008). Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context. *Journal of Manufacturing Technology Management* , Vol. 19, 529-550.

Singh, B., & Sharma, S. K. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. *Measuring Business Excellence* , Vol. 13, 58-68.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. New York, Estado Unidos da América: Ramson Associaties - Macmilkin Publishing Company.

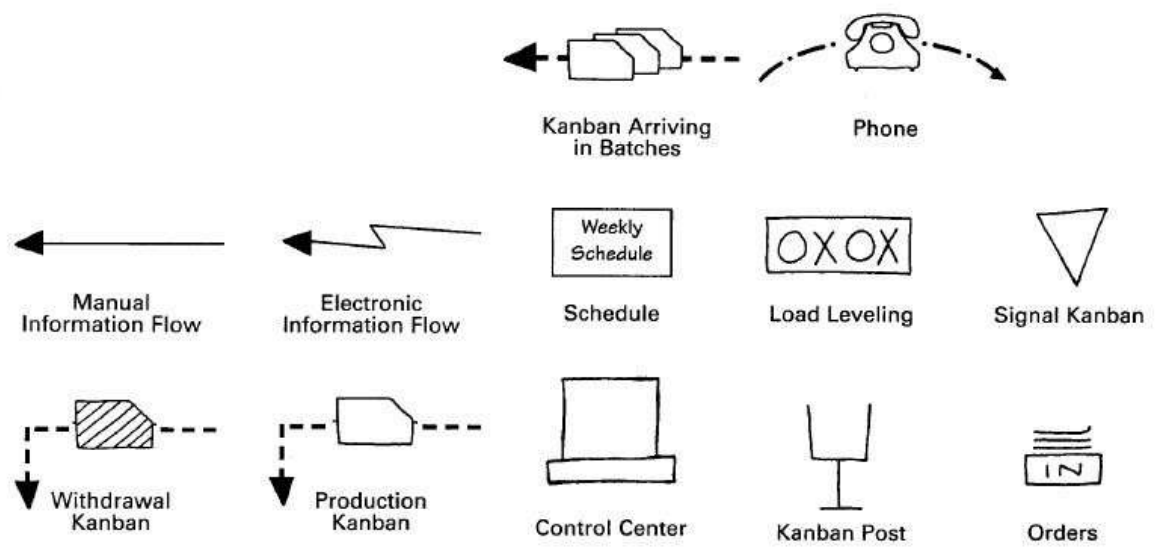
## **ANEXOS**

---



Fonte: Jones e Womack (2002)

## Anexo 1 - Simbologia VSM para o fluxo de materiais, processos e pessoas

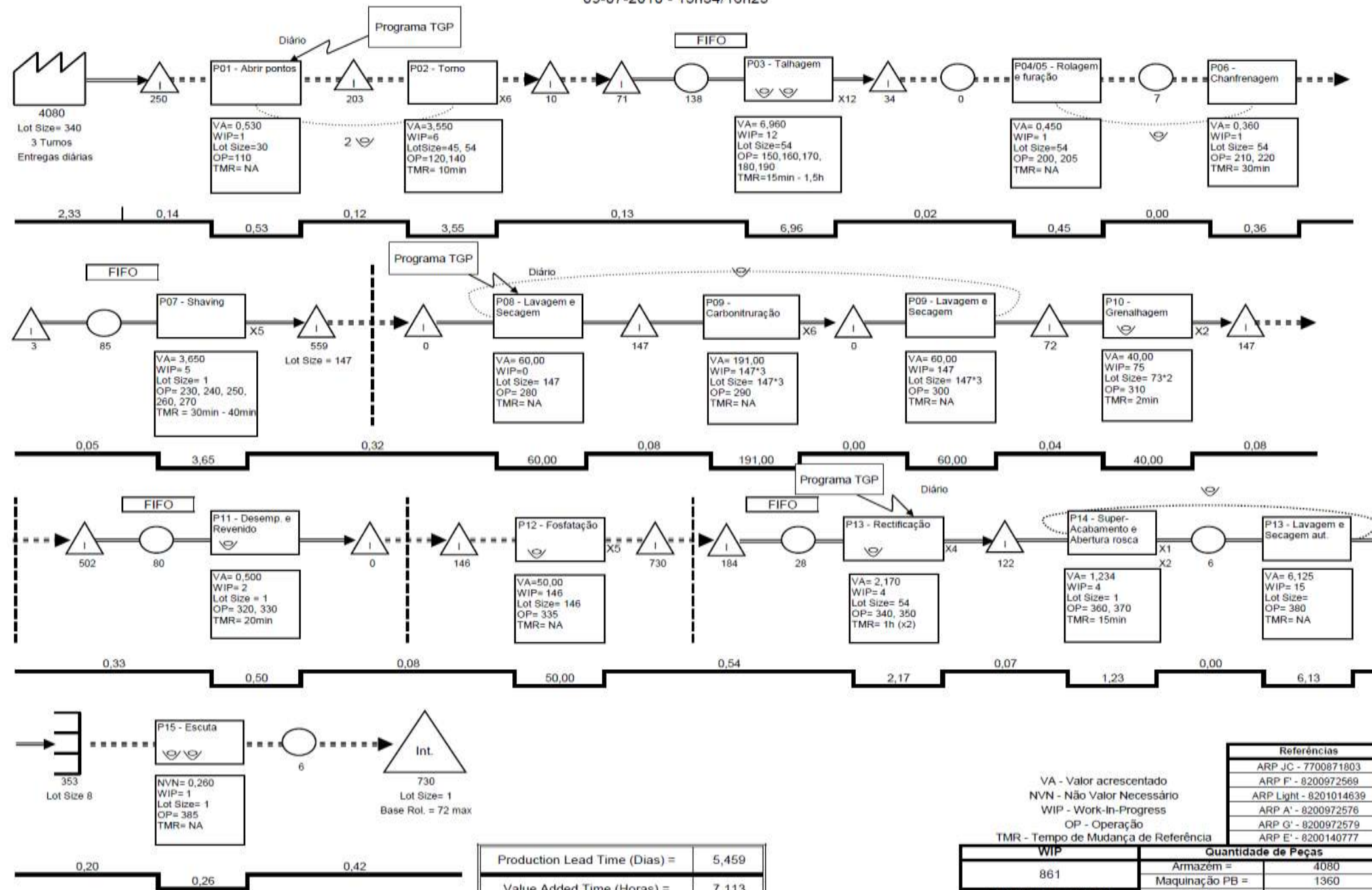


Fonte: Jones e Womack (2002)

## Anexo 2 - Simbologia VSM para o fluxo de informação

## Value Stream Mapping - Current State

Árvore Primária JR  
09-07-2010 - 15h34/16h25



Referências		
ARP JC - 7700871803		
ARP F - 8200972569		
ARP Light - 8201014639		
ARP A' - 8200972576		
ARP G' - 8200972579		
ARP E' - 8200140777		

WIP	Quantidade de Peças	
861	Armazém =	4080
	Maquinação PB =	1360
	TTh =	366
Takt time (pçs/min.)	Desempeno =	582
1,296	Fosfatação =	876
	Rectificação =	340
Cadência (peças/dia)	Escuta =	359
1750	Stock Int. =	730
	<b>TOTAL =</b>	<b>8693</b>

Responsável:
Departamento:

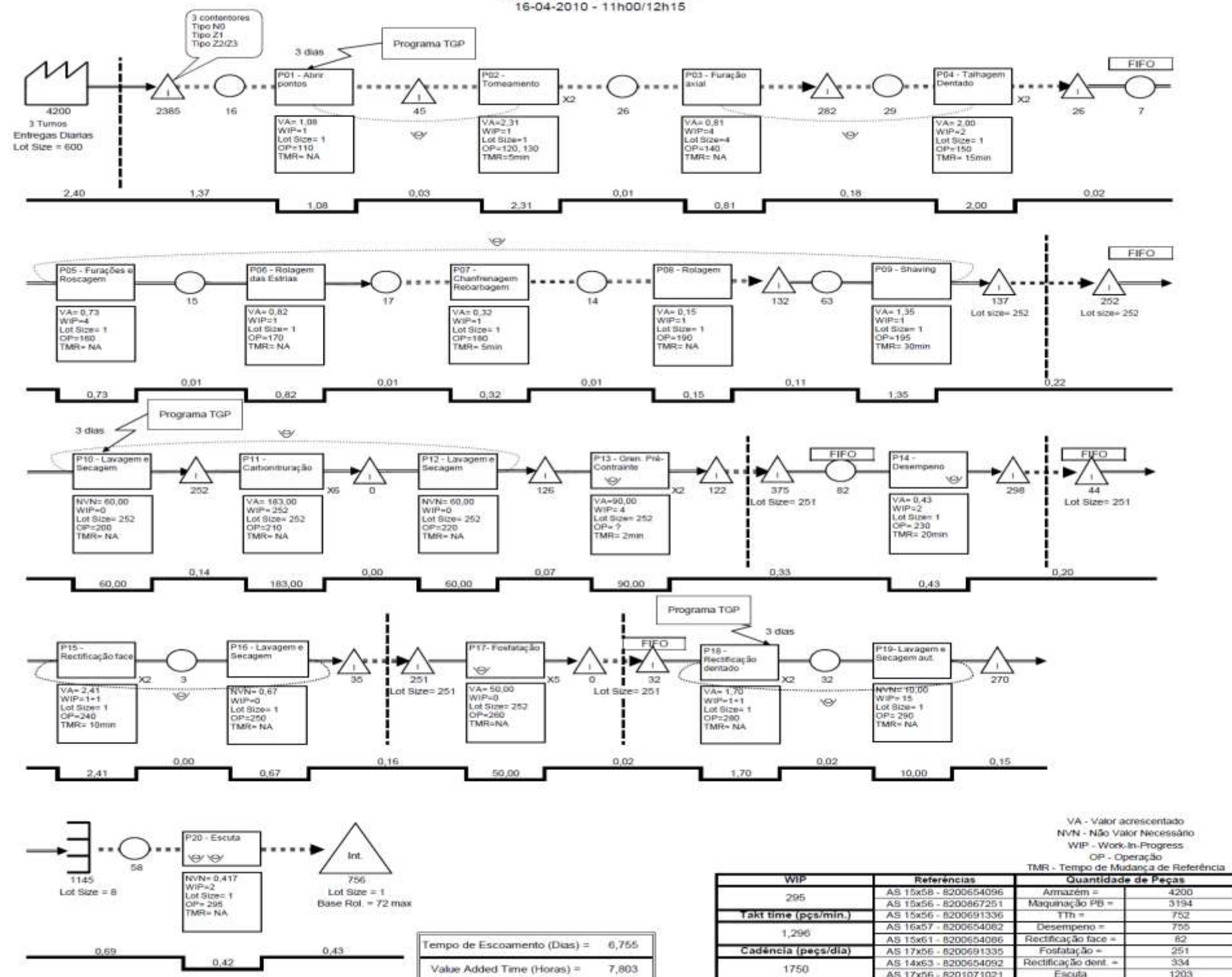
Anexo 3 - VSM do Estado Corrente: Árvore Primária



## Value Stream Mapping - Current State

Árvore Secundária JC/JR5

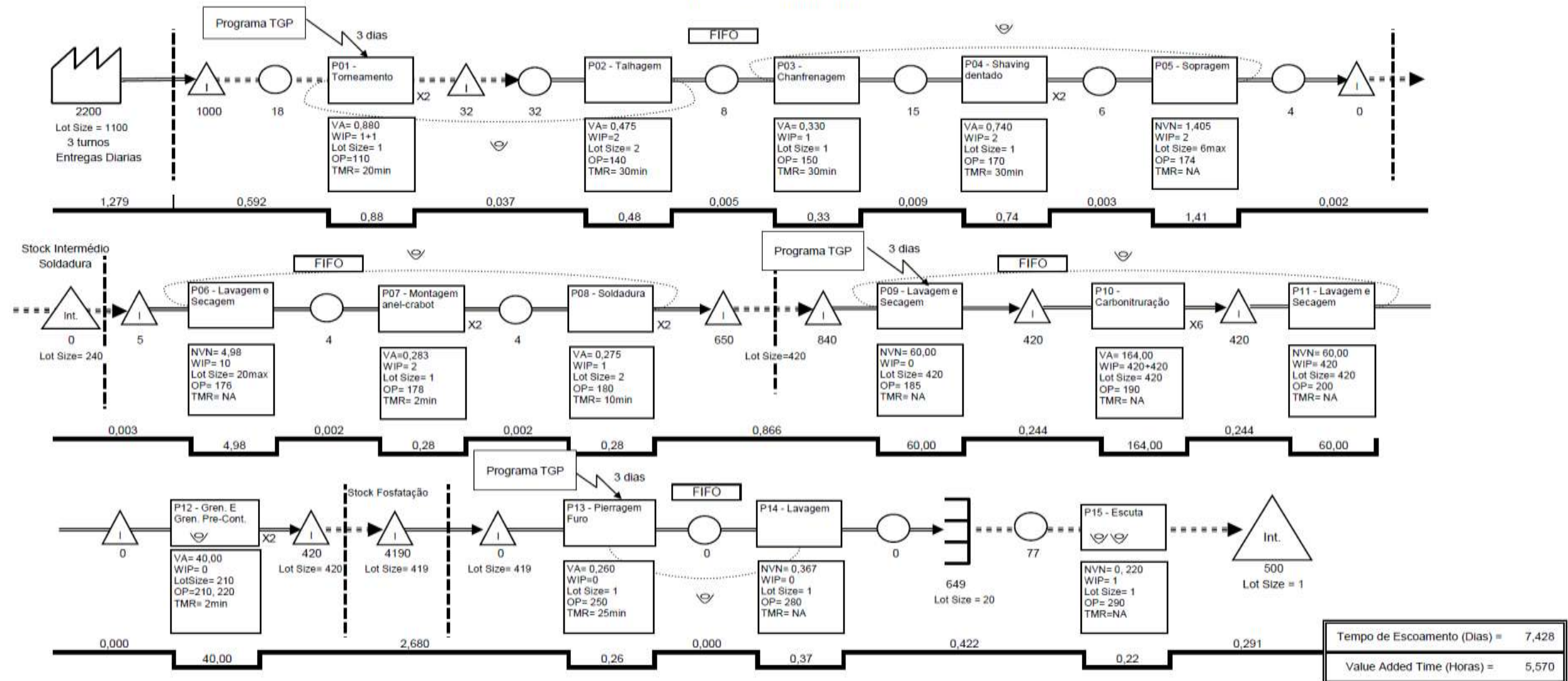
16-04-2010 - 11h00/12h15



Anexo 4 - VSM do Estado Corrente: Árvore Secundária

## Value Stream Mapping - Current State

Pinhão Louco 1ª JR5  
11-05-2010 - 09h30/10h15



VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Quantidades de Peças		
Referências	PL1	Quantidade
C1 11x41 - 8200584755	Armazém =	2200
C1 11x37 - 8290077043	Maquinação PB =	1115
C1 11x41 - 8201015149	Soldadura =	663
	TTh =	2100
	Stock Fosfatação=	4190
	Pierragem=	0
	Escuta =	726
	Stock Int. =	500
	<b>TOTAL =</b>	<b>10268</b>
	Responsável:	
	Departamento:	



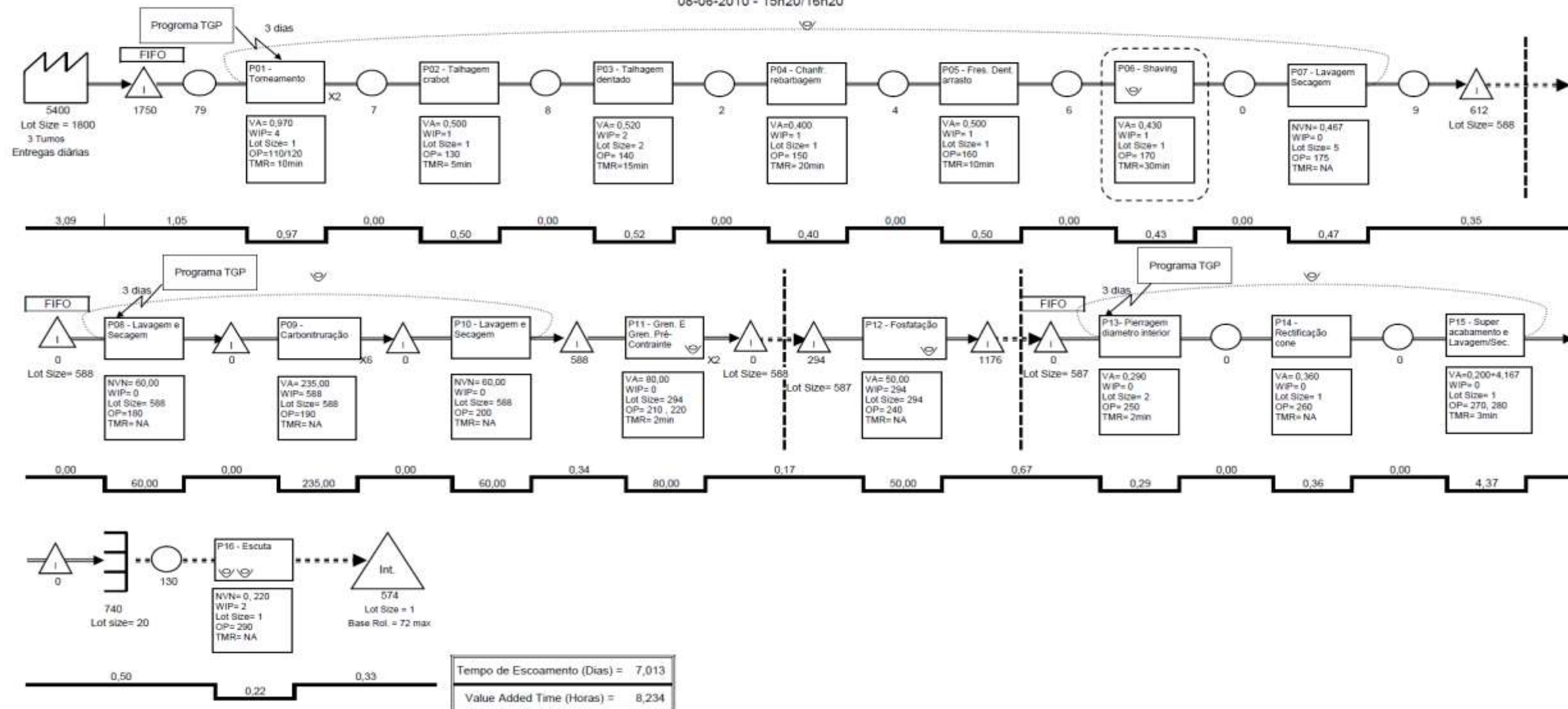
Pinhão Louco 2ª JR5  
16-06-2010 - 14h50/16h00



## Value Stream Mapping - Current State

Pinhão Louco 3ª JC/JR

08-06-2010 - 15h20/16h20

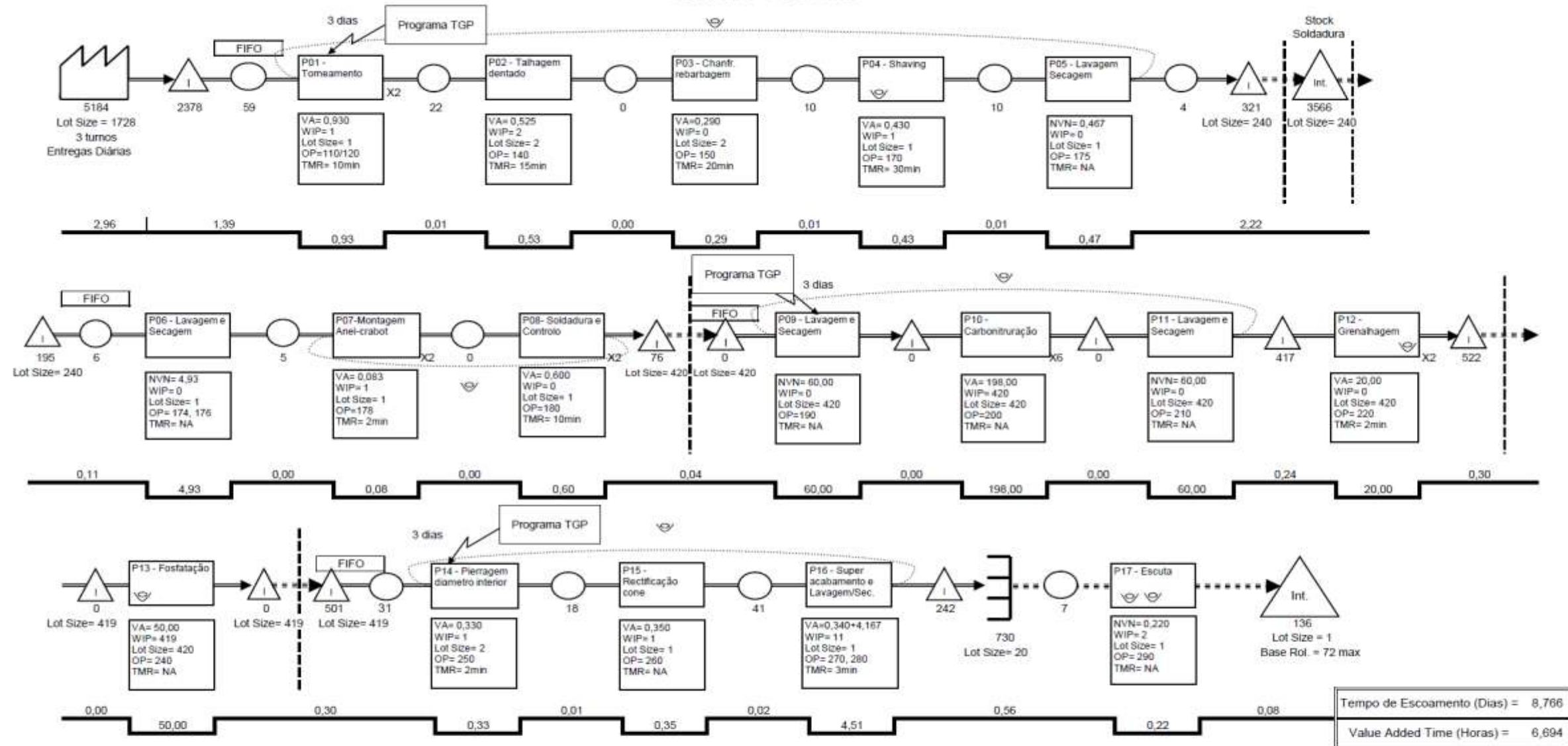


Referências	
PL3 - 8200541565	
PL3 - 8200561566	
Quantidades de Peças	
Posto	Quantidade
Armazém =	5400
Maquinação PB =	2477
ITh =	588
Fosfatação=	1470
Pierragem=	0
Escuta =	870
Stock Int. =	574
<b>TOTAL =</b>	<b>11379</b>
Responsável:	
Departamento:	

VA - Valor acrescentado  
 NVN - Não Valor Necessário  
 WIP - Work-In-Progress  
 OP - Operação  
 TMR - Tempo de Mudança de Referência

## Value Stream Mapping - Current State

Pinhão Louco 4ª JC/JR  
02-07-2010 - 16h35/17h20



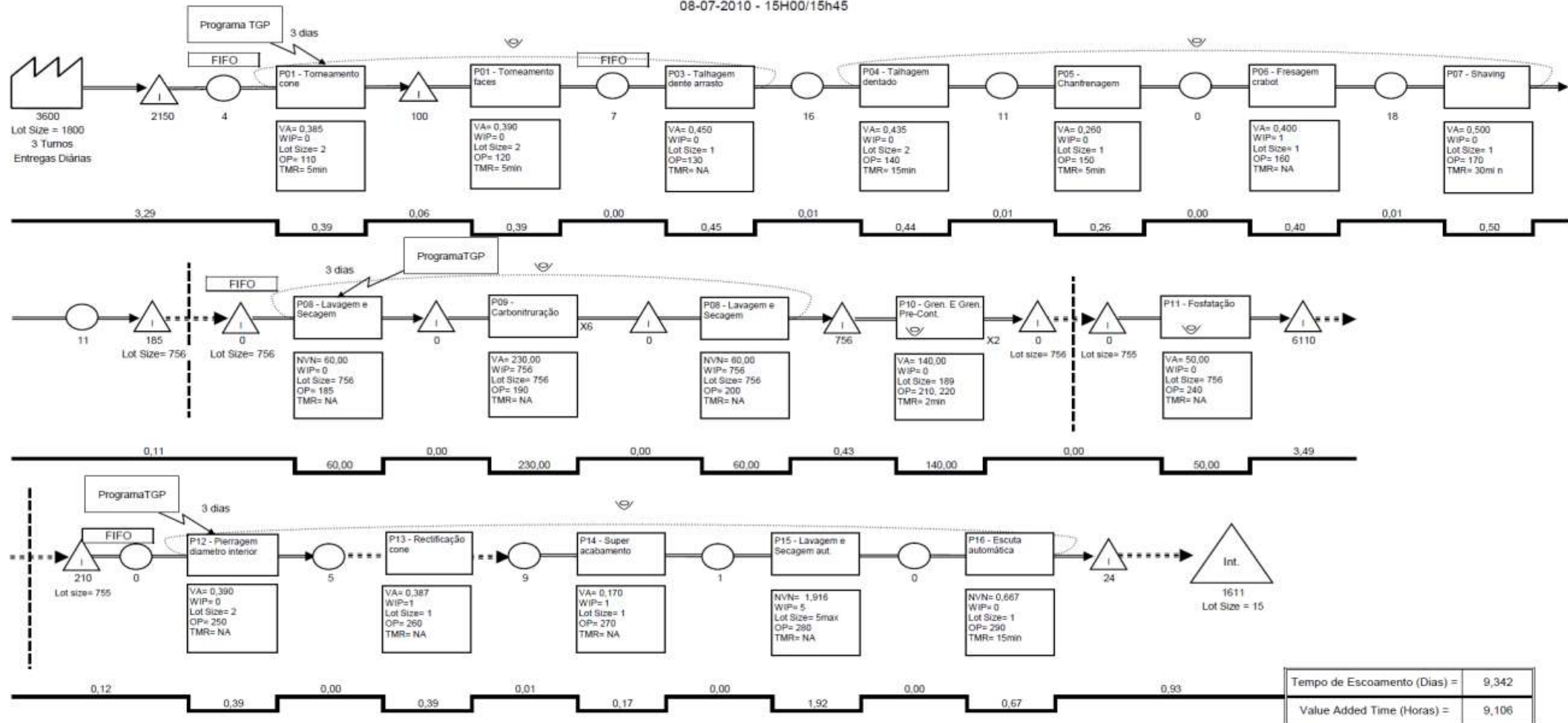
VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Referências	Quantidades de Peças	
	Posto	Quantidade
PL4 - 31x29 - 8201071001	Armazém =	5184
PL4 - 31x34 - 8200591676	Maquinação PB =	2804
PL4 - 34x35 - 7790115772	Soldadura =	3848
PL4 - 35x34 - 8200621495	TTh =	939
WIP	Fostatação=	0
859	Pierragem=	833
	Escuta =	737
Takt time (pçs/min.)	Stock Int. =	136
1,296	TOTAL =	14481
Cadência	Responsável:	
1750	Departamento:	



## Value Stream Mapping - Current State

Pinhão Louco 5ª JC/JR  
08-07-2010 - 15H00/15h45

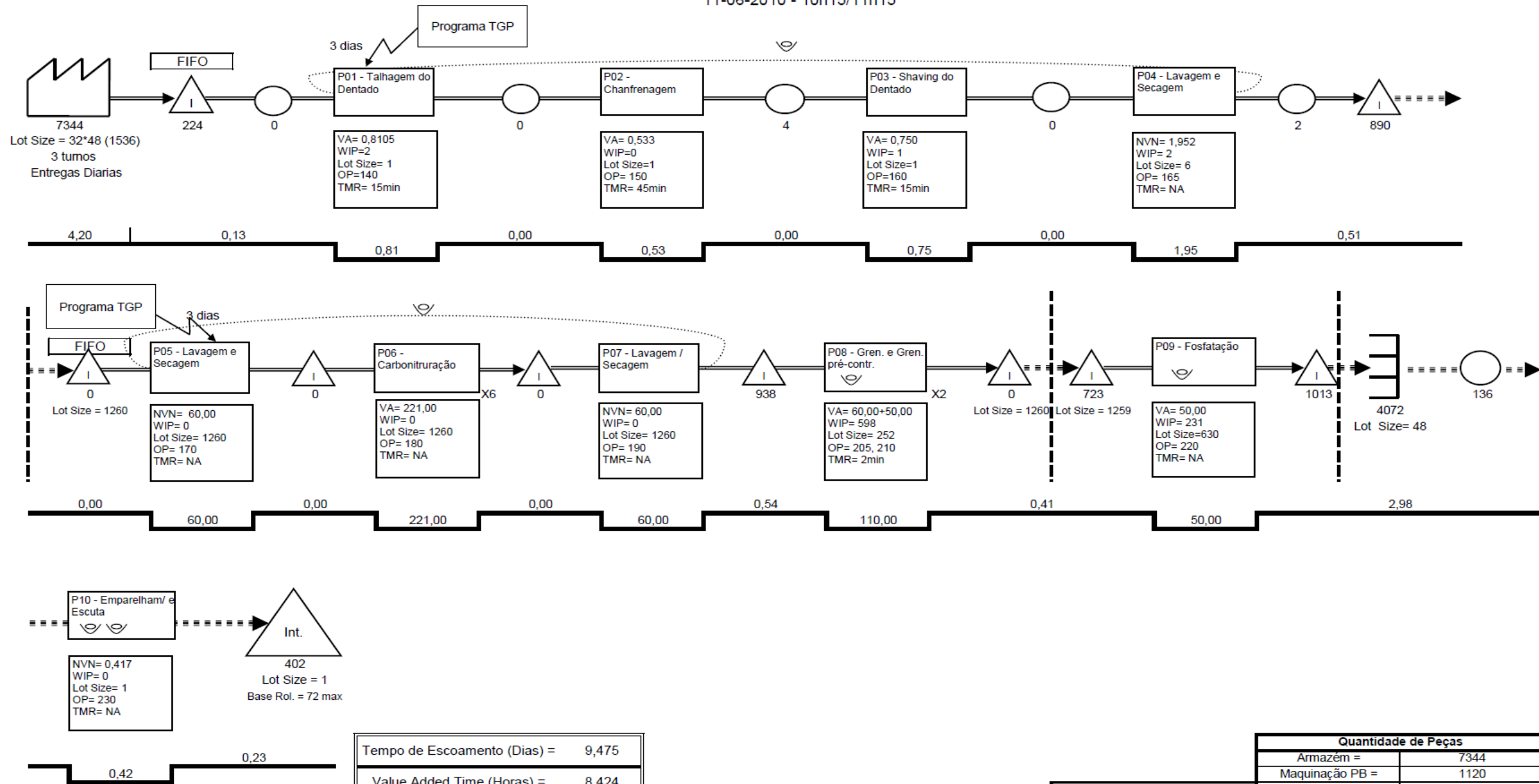


VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Referências		Quantidade de Peças	
PL5 - 42x31 - 8200611293	1520	Armazém =	3600
PL5 - 45x31 - 820124645	1,296	Maquinação PB =	2502
PL5 - 37x33 - 820061285	1750	TTh =	756
PL5 - 41x31 - 8200611292		Fosfatação=	6110
PL5 - 39x32 - 8200611290		Pierrage e Rect.=	249
PL5 - 39x31 - 8200112287		Stock Int. =	1611
		<b>TOTAL=</b>	<b>14828</b>
		Responsável:	
		Departamento:	

## Value Stream Mapping - Current State

Pinhão Fixo 5ª JR  
11-06-2010 - 10h15/11h15



VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Referências
PF5 - 41x31 - 8200607975
PF5 - 37x33 - 8200608034
PF5 - 39x31 - 8200607970
PF5 - 39x32 - 8200607973
PF5 - 42x31 - 8200607976
PF5 - 45x31 - 8201014646

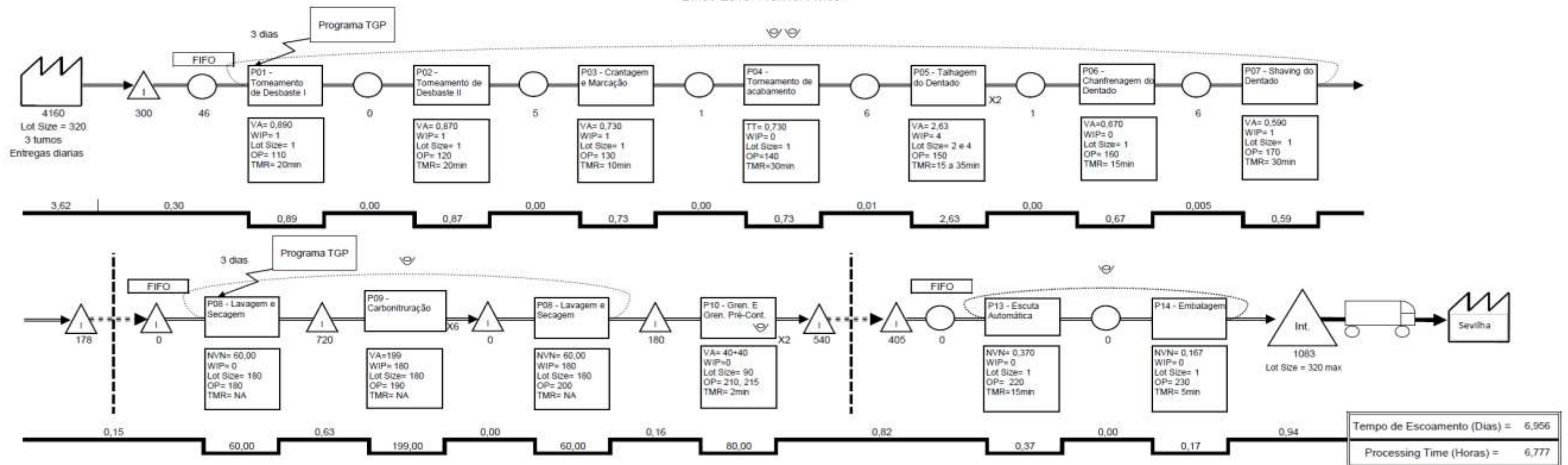
WIP
834
Takt time (pçs/min.)
1,296
Cadência
1750

Quantidade de Peças	
Armazém =	7344
Maquinação PB =	1120
TTh =	938
Fosfatação=	1736
Escuta=	4208
Stock Int. =	402
<b>TOTAL=</b>	<b>15748</b>
Responsável:	
Departamento:	

## Value Stream Mapping - Current State

Coroa JR

27-05-2010 - 10h45/11h30



VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Referências		WIP	Quantidades de Peças	
15x56 - 7701769541	14x69 - 7701769557	368	Armazém =	4160
15x58 - 7701769546	15x61 - 7701769555		Maquinação PB =	543
16x57 - 7701769554/8200650438	14x63 - 8200650440	Takt time (pçs/min.)	TTh =	1440
15x58 - 7701714503	14x63 - 8200650439	0,852	Escuta =	405
17x56 - 7701769560	14x73 - 7701769559		Stock Int. =	1083
16x55 - 7701714514	14x69 - 7701769558	Cadência	TOTAL =	7631
16x55 - 7701769553/8200650437	14x59 - 8200720993	1150	Responsável:	
15x61 - 7701714513	17x56 - 8201081045		Departamento:	

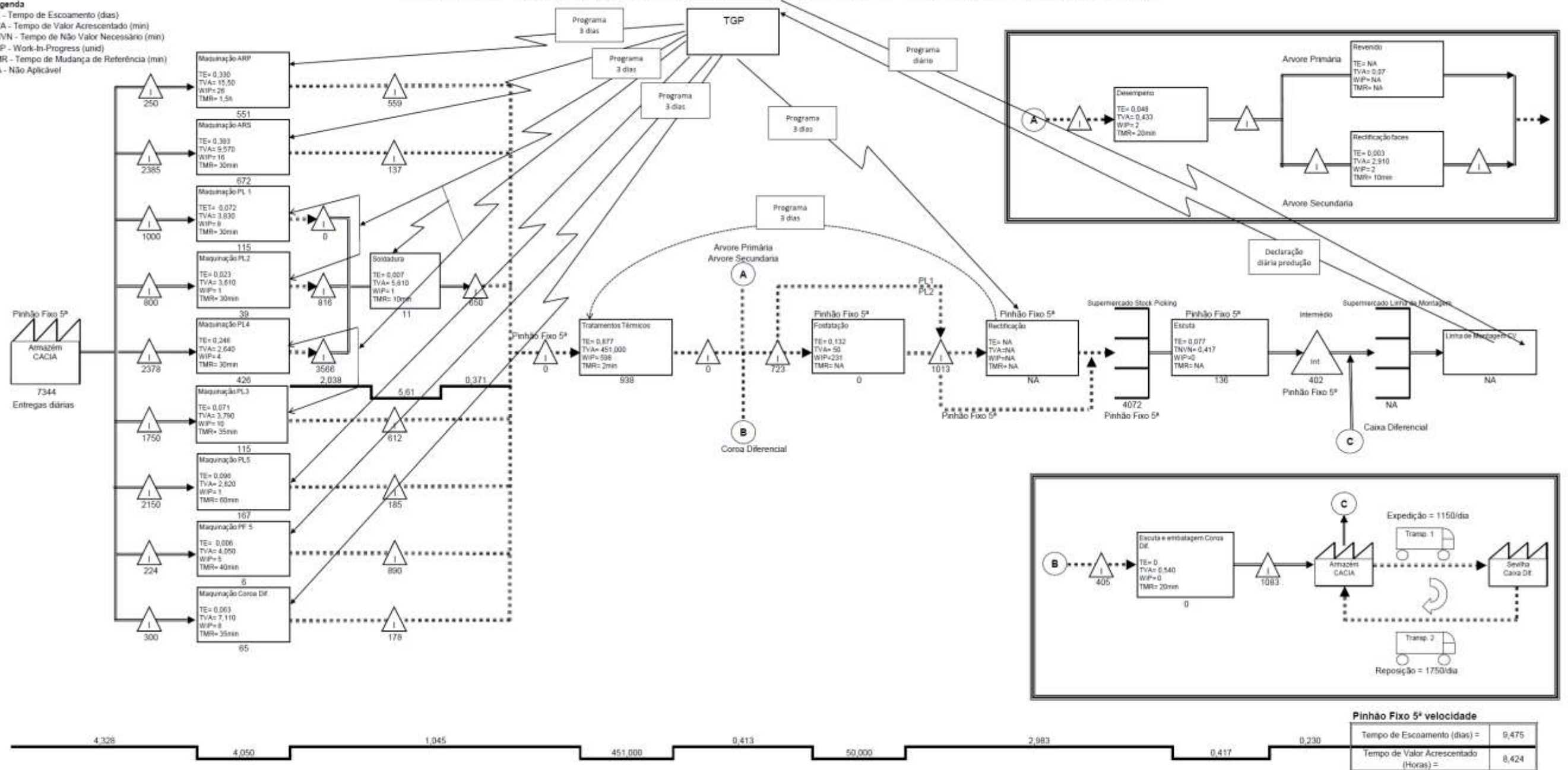
Anexo 11 - VSM do Estado Corrente: Coroa Diferencial



# Value Stream Map - Caixas de Velocidade JR Estado Corrente - Árvore Primária, Árvore Secundária, Pinhão Louco 1ª/2ª/3ª/4ª/5ª vel., Pinhão Fixo 5ª vel., Coroa Diferencial

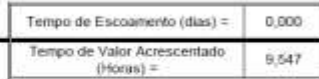
## Legenda

TE - Tempo de Escoamento (dias)  
TVA - Tempo de Valor Acrescentado (min)  
TNVN - Tempo de Não Valor Necessário (min)  
WIP - Work-In-Progress (unidade)  
TMR - Tempo de Mudança de Referência (min)  
NA - Não Aplicável



Quantidade de peças		Materia-Prima	
Armazém =	7344	ARP	6F
Maquinação =	1120	PL5	06
TTh =	938		C7
Fostatação =	1736		37X33
Escuta =	4208		39X31
Stock Int =	402		39X32
<b>TOTAL =</b>	<b>16748</b>		41X31
Responsável:			42X31
Departamento:			45X31
			46X31
			47X31
			48X31
			49X31
			50X31
			51X31
			52X31
			53X31
			54X31
			55X31
			56X31
			57X31
			58X31
			59X31
			60X31
			61X31
			62X31
			63X31
			64X31
			65X31
			66X31
			67X31
			68X31
			69X31
			70X31
			71X31
			72X31
			73X31
			74X31
			75X31
			76X31
			77X31
			78X31
			79X31
			80X31
			81X31
			82X31
			83X31
			84X31
			85X31
			86X31
			87X31
			88X31
			89X31
			90X31
			91X31
			92X31
			93X31
			94X31
			95X31
			96X31
			97X31
			98X31
			99X31
			100X31

Árvore Primária, Árvore Secundária, Pinhão Louco 1ª/2ª/3ª/4ª/5ª vel., Pinhão Fixo 5ª vel., Coroa Diferencial

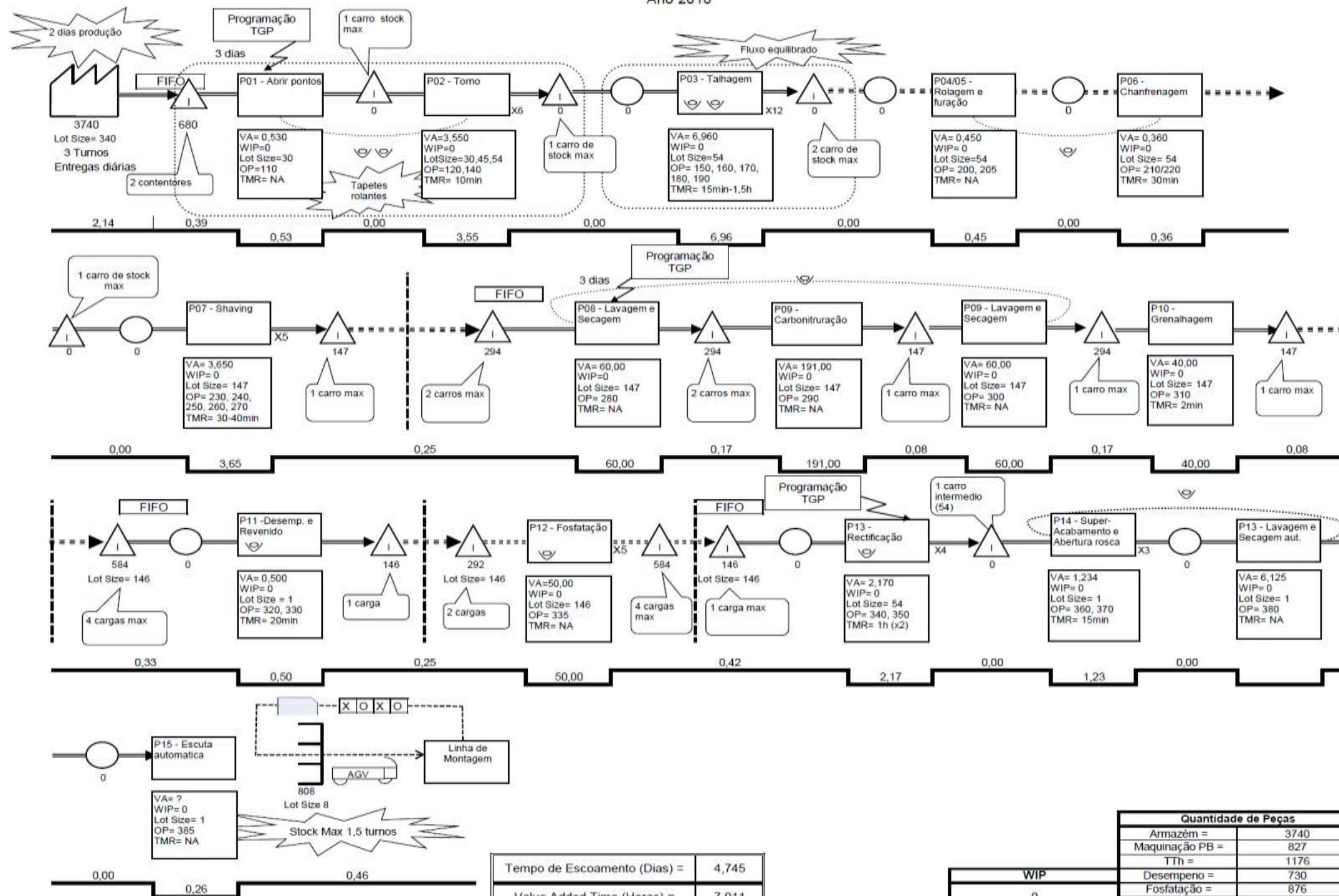


WIP	TTh =	0
0	Fosfatagão =	0
	Escuta =	0
Takt time (pçs/min.)	Stock Int. =	0
1.296	TOTAL =	0
Cadência	Responsável:	
1750	Departamento:	



## Value Stream Mapping - Achievable Future State

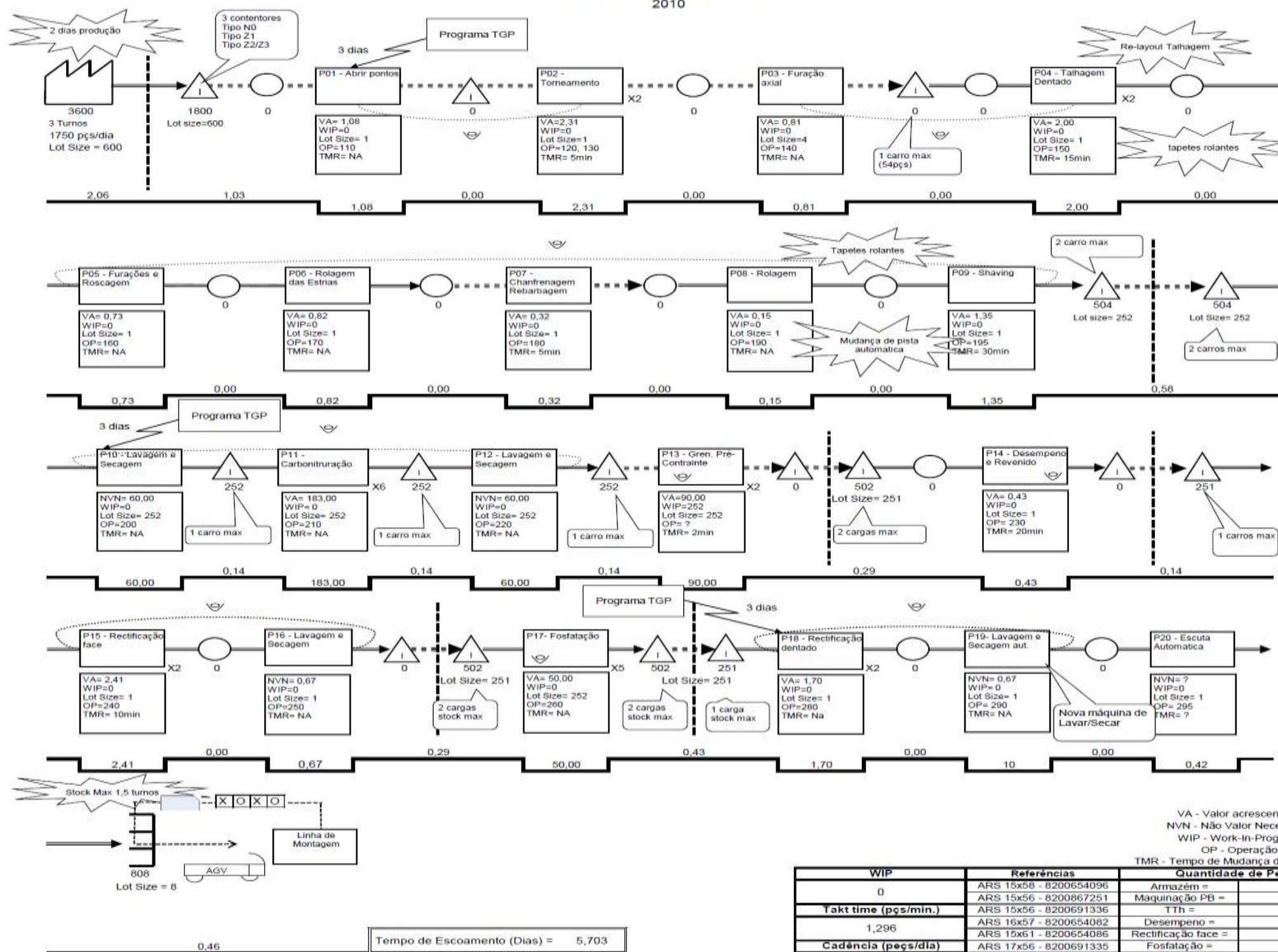
Árvore Primária JR  
Ano 2010



Quantidade de Peças	
Armazém =	3740
Maquinação PB =	827
TTh =	1176
Desempeno =	730
Fosfatação =	876
Rectificação =	146
Stock Int. =	808
<b>TOTAL =</b>	<b>8303</b>
Responsável:	
Departamento:	

Anexo 14 - VSM do Estado Futuro Atingível: Árvore Primária

**Value Stream Mapping - Achievable Future State**  
**Arvore Secundária JC/JR5**  
 2010



VA - Valor acrescentado  
 NVN - Não Valor Necessário  
 WIP - Work-In-Progress  
 OP - Operação  
 TMR - Tempo de Mudança de Referência

WIP	Referências	Quantidade de Peças
0	ARS 15x56 - 8200654096	Armazém = 3600
	ARS 15x56 - 8200867251	Maquinação PB = 2304
Takt time (pçs/min.)	ARS 15x56 - 8200691336	TTh = 1260
1,296	ARS 16x57 - 8200654082	Desempeno = 502
	ARS 15x61 - 8200654086	Rectificação face = 251
Cadência (pçs/dia)	ARS 17x56 - 8200691335	Fosfatação = 1004
1750	ARS 14x63 - 8200654092	Rectificação dent. = 251
	ARS 17x56 - 8201071021	Stock Int. = 808
	ARS 16x55 - 8200654078	<b>TOTAL = 9980</b>
	ARS 14x69 - 8200559910	Responsável:
	ARS 14x69 - 8200629870	Departamento:
	ARS 14x73 - 8200609157	
	ARS 14x59 - 8200654089	

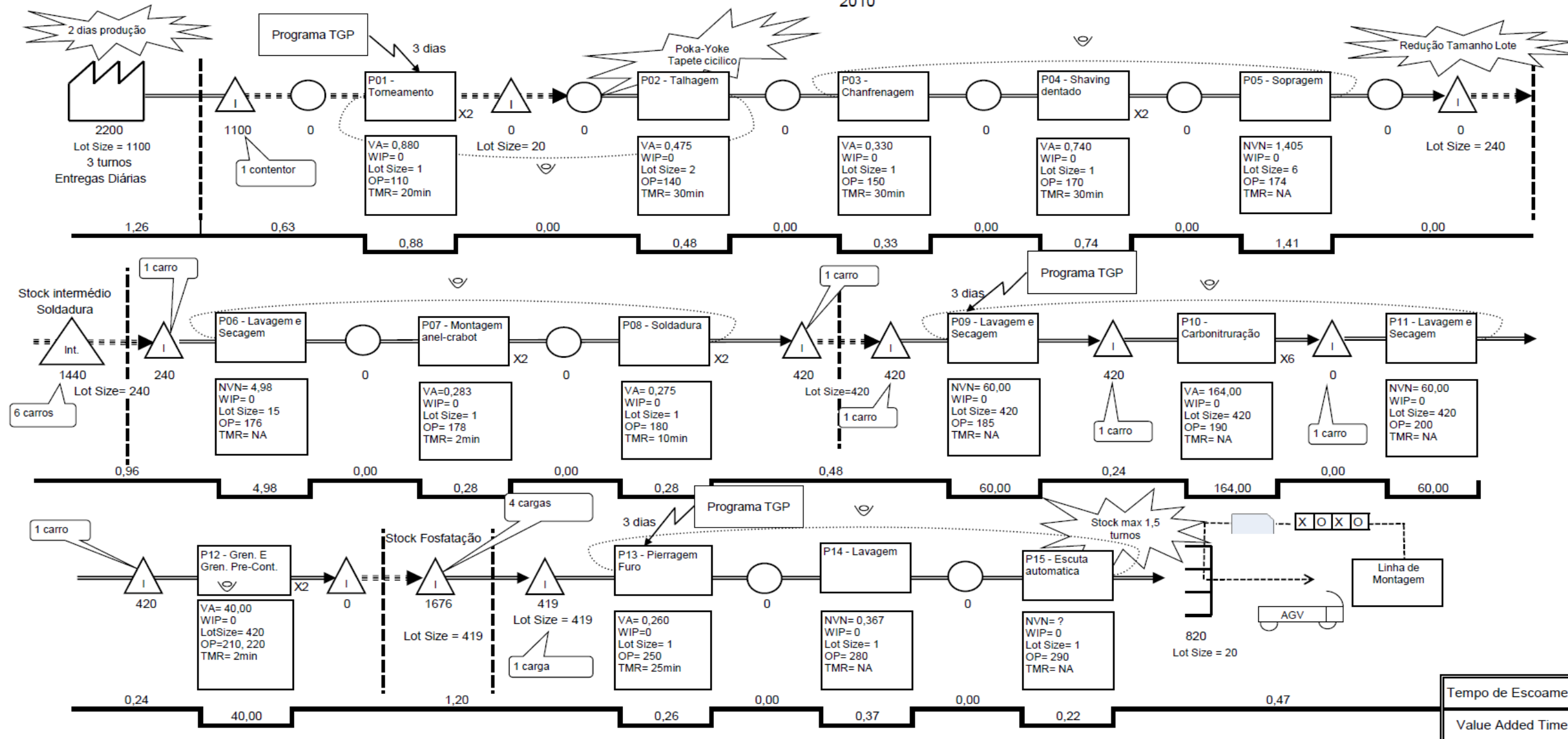
**Anexo 15 - VSM do Estado Futuro Atingível: Árvore Secundária**



## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Louco 1ª JR5

2010



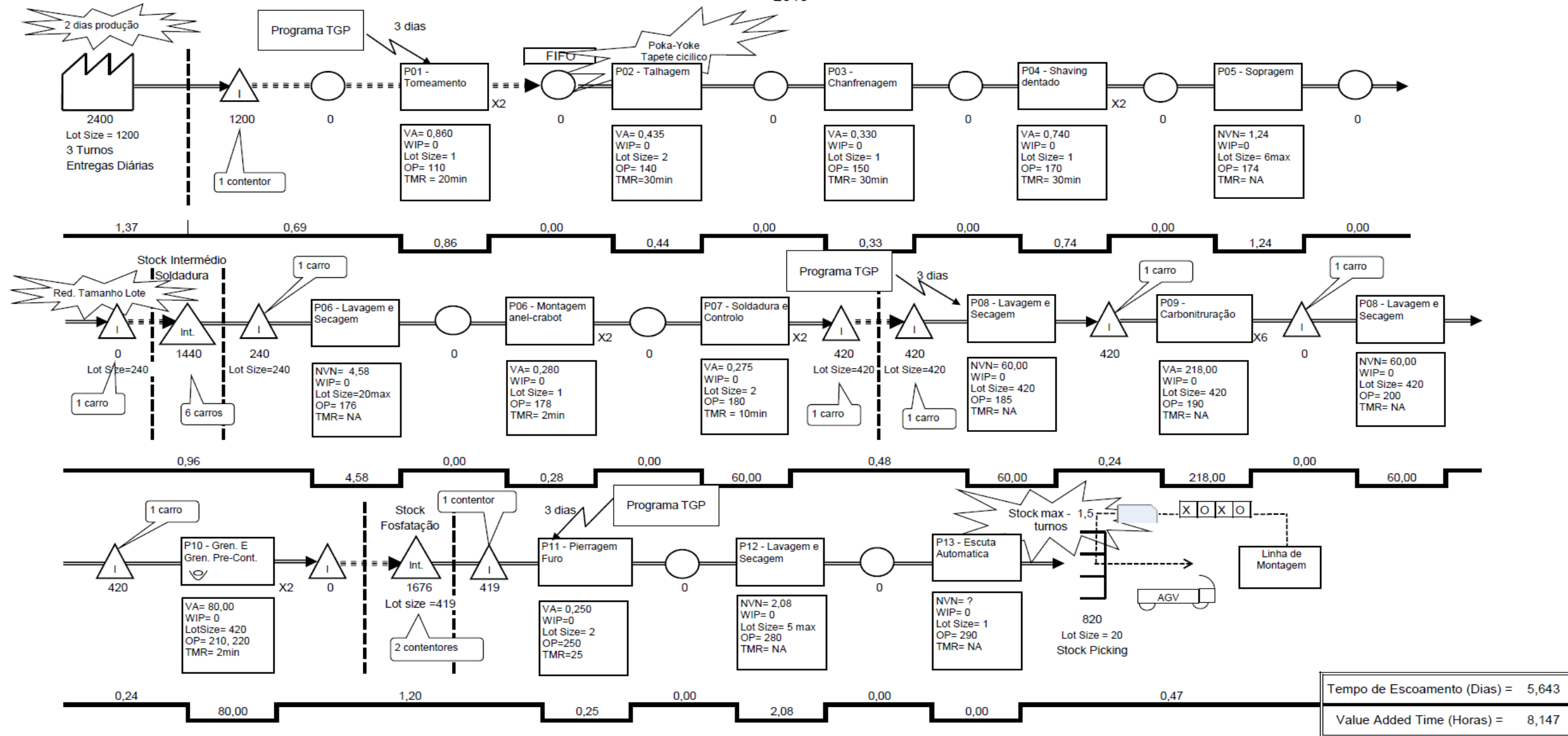
VA - Tempo Valor Acrescentado (min)  
NVN - Tempo Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Quantidades de Peças		Referências
PL1	Quantidade	
Armazém =	2200	PL1 - 11x37 - 8290077043
Maquinação PB =	1100	PL1 - 11x41 - 8200584755
Soldadura=	2100	PL1 - 11x41 - 8201015149
TTh =	1260	
Stock fosfatação=	1676	
Pierragem=	419	
Stock Int. =	820	
<b>TOTAL =</b>	<b>9575</b>	
<b>WIP</b>		
0		
<b>Takt time (pçs/min.)</b>		
1,296		
<b>Cadência</b>		
1750		
Responsável:		
Departamento:		

## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Louco 2ª JR5

2010

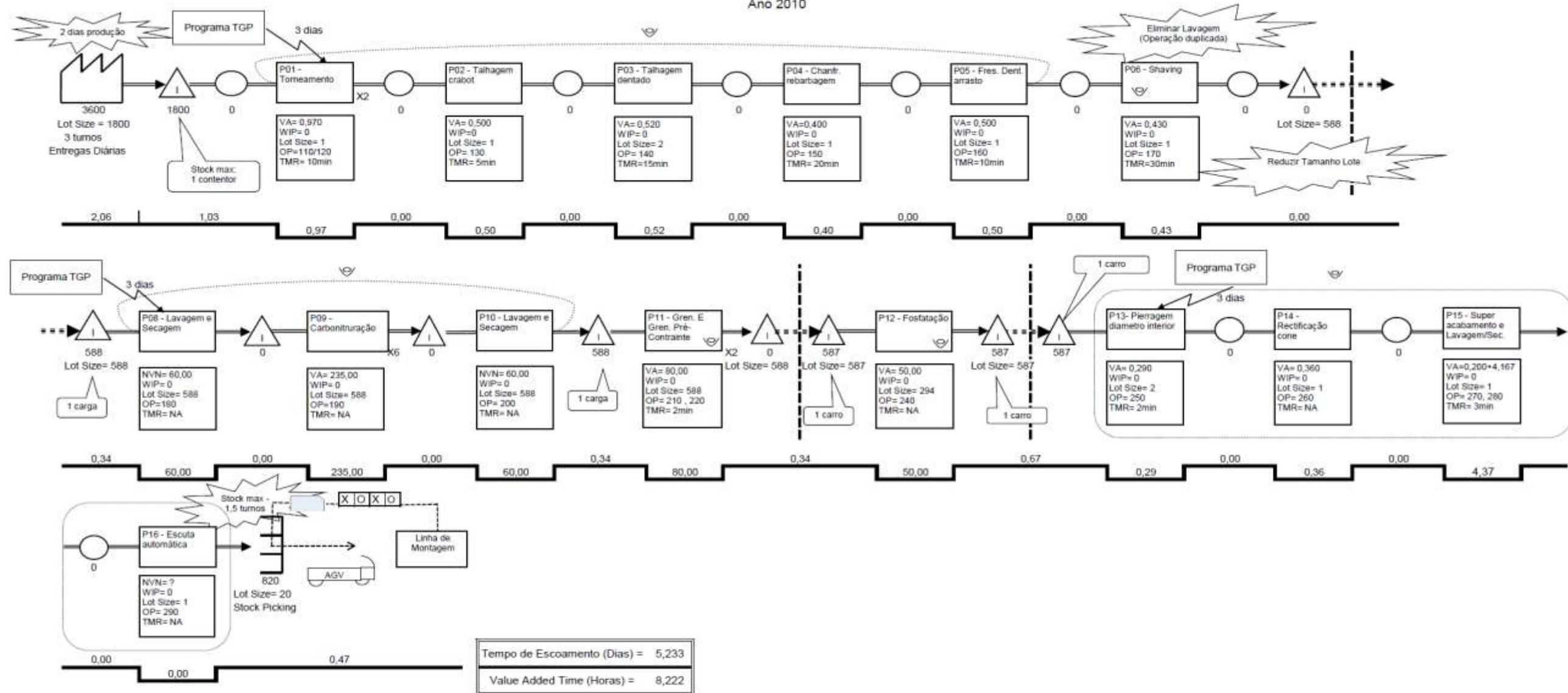


VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Quantidades de Peças		
Referências	PL2	Quantidade
PL2 - 21*43 - 8200073679	Armazém =	2400
PL2 - 22*41 - 8201015155	Maquinação PB =	1200
	Soldadura	2100
	TTh =	1260
	Stock Fosfatação =	1676
	Pierragem=	419
	Stock Picking=	820
	<b>TOTAL =</b>	<b>9875</b>
	Responsável:	
	Departamento:	

## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Louco 3ª JC/JR  
Ano 2010



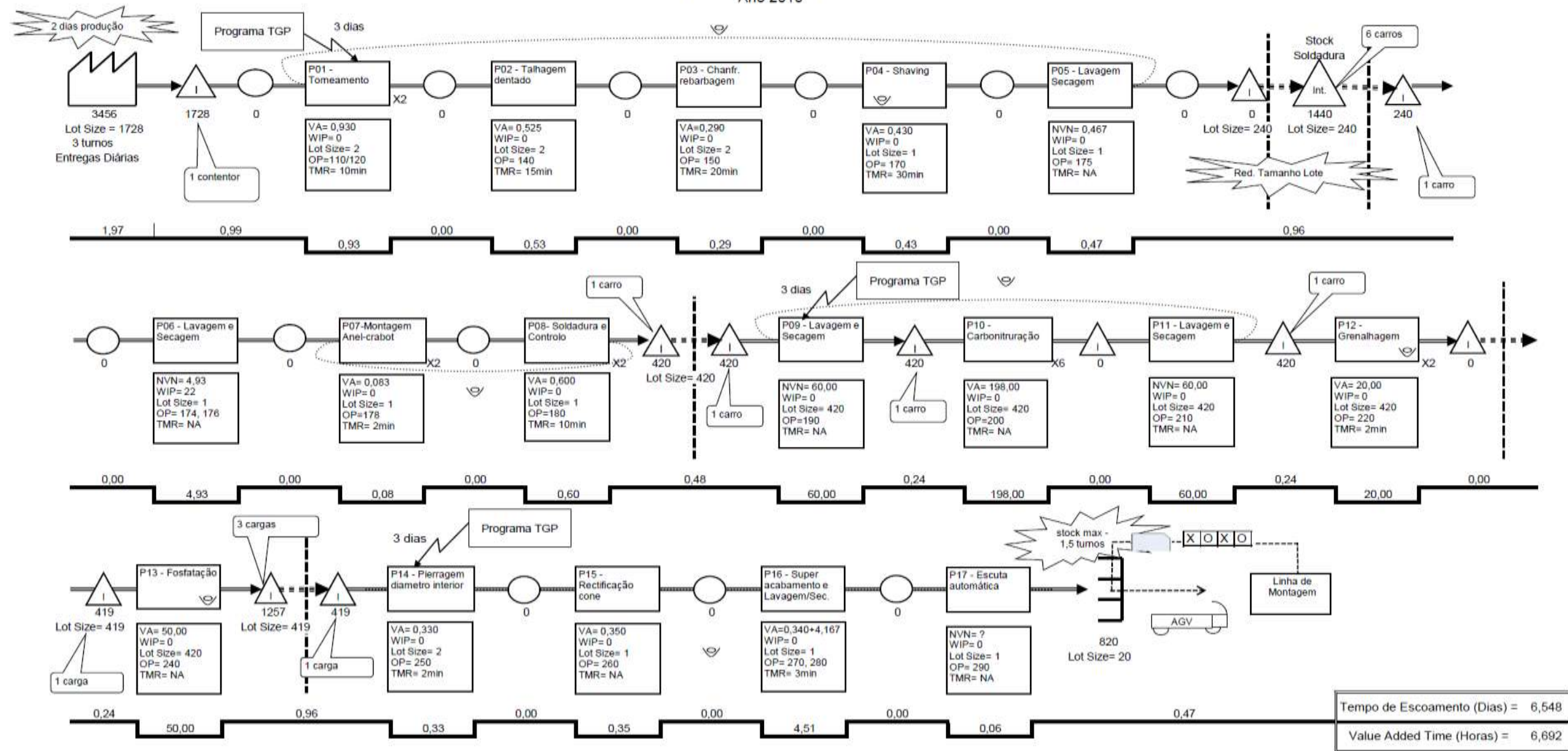
Referências	
PL3 - 8200541565	
PL3 - 8200561566	
Quantidades de Peças	
Posto	Quantidade
Armazém =	3600
Maquinação PB =	1800
TTh =	1176
Fosfatação=	1174
Pienagem=	587
Stock Picking =	820
<b>TOTAL =</b>	<b>9157</b>
WIP	
0	
Takt time (pçs/min.)	
1,296	
Cadência	
1750	
Responsável:	
Departamento:	



## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Louco 4ª JC/JR

Ano 2010



Referências	Quantidades de Peças	
PL4 - 31x29 - 8201071001	Posto	Quantidade
PL4 - 31x34 - 8200591676	Armazém =	3456
PL4 - 34x35 - 7790115772	Maquinação PB =	1728
PL4 - 35x34 - 8200621495	Soldadura =	2100
WIP	TTh =	1260
0	Fostatação =	1676
	Pierragem =	419
	Stock Picking =	820
<b>Takt time (pçs/min.)</b>	<b>TOTAL =</b>	<b>11459</b>
1,296	Responsável:	
<b>Cadência</b>	Departamento:	
1750		

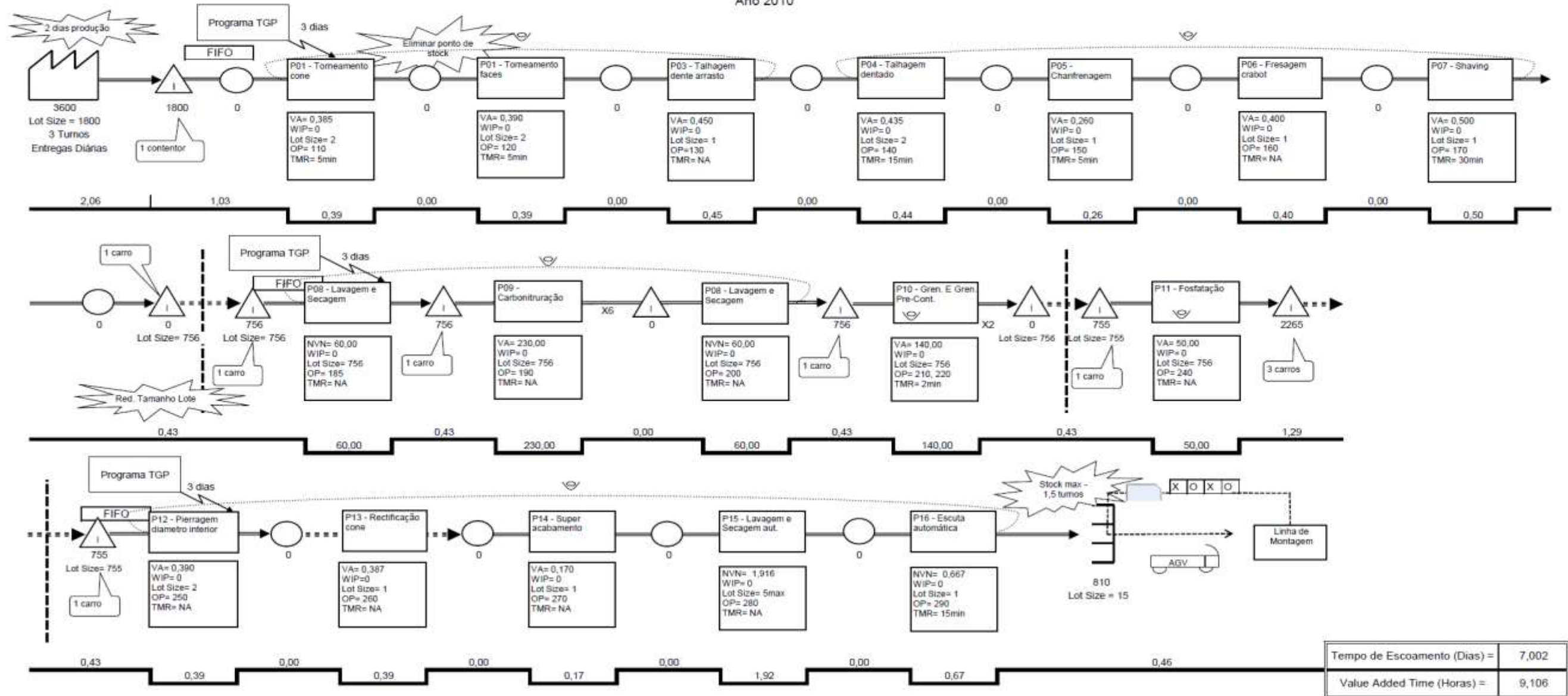
VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência



## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Louco 5ª JC/JR

Ano 2010



VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

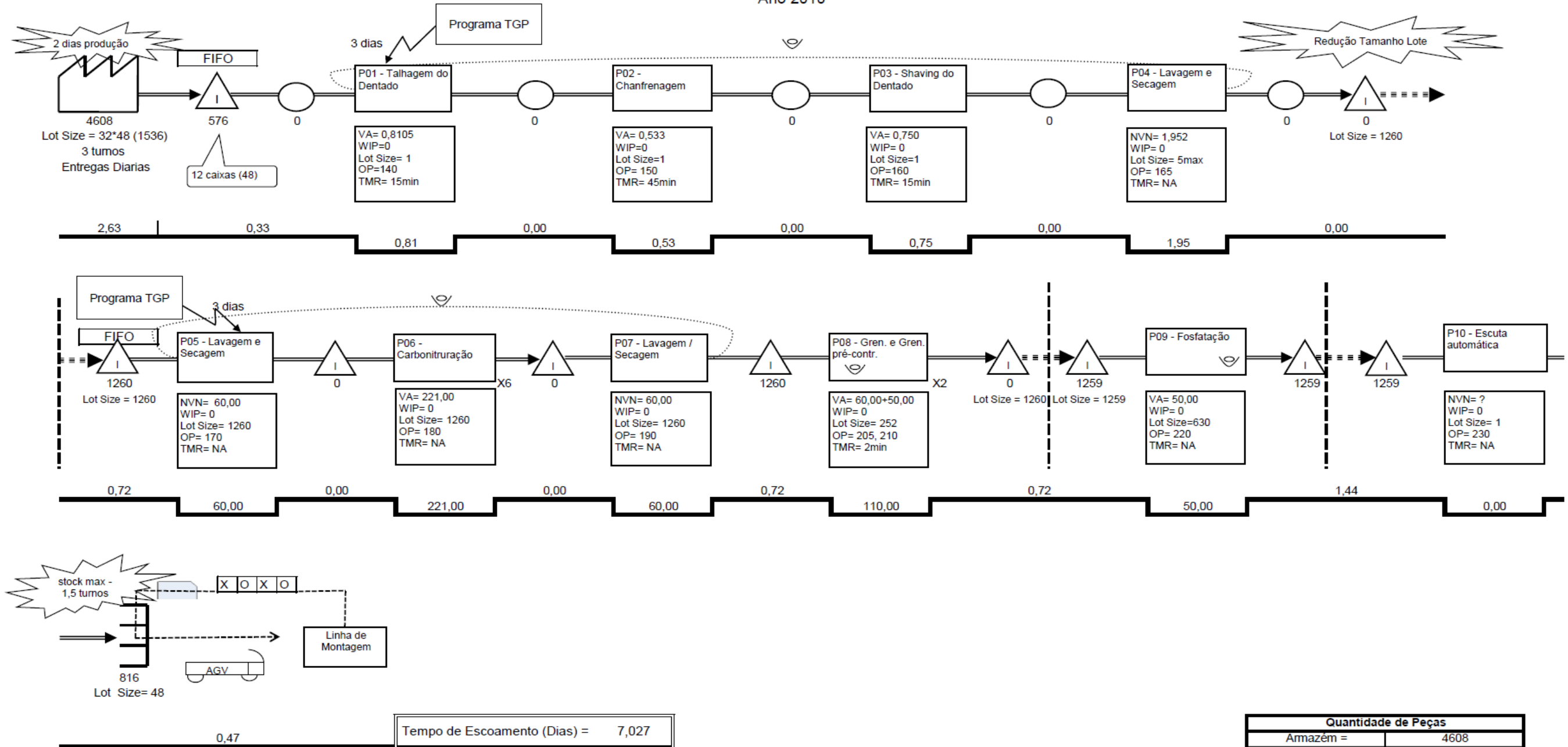
Referências
PL5 - 42x31 - 8200611293
PL5 - JRG Light - 820124645
PL5 - 37x33 - 820061285
PL5 - 41x31 - 8200611292
PL5 - 39x32 - 8200611290
PL5 - 39x31 - 8200112287

WIP
0
Takt time (pçs/min.)
1,296
Cadência
1750

Quantidade de Peças	
Armazém =	3600
Maquinação PB =	1800
TTh =	2268
Fosfatação=	3020
Pierrage e Rect. =	755
Stock Picking =	810
<b>TOTAL=</b>	<b>12253</b>
Responsável:	
Departamento:	

## Value Stream Mapping - Achievable Future State

Pinhão Fixo 5ª JR  
Ano 2010

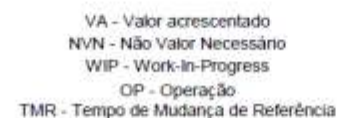


Tempo de Escoamento (Dias) =	7,027
Value Added Time (Horas) =	8,417

VA - Valor acrescentado  
NVN - Não Valor Necessário  
WIP - Work-In-Progress  
OP - Operação  
TMR - Tempo de Mudança de Referência

Referências		Quantidade de Peças	
PF5 - 41x31 - 8200607975	WIP	Armazém =	4608
PF5 - 37x33 - 8200608034	0	Maquinação PB =	576
PF5 - 39x31 - 8200607970	Takt time (pçs/min.)	TTh =	2520
PF5 - 39x32 - 8200607973	1,296	Fosfatação=	2518
PF5 - 42x31 - 8200607976	Cadência	Escuta=	1259
PF5 - 45x31 - 8201014646	1750	Stock Picking =	816
		<b>TOTAL=</b>	<b>12297</b>
		Responsável:	
		Departamento:	

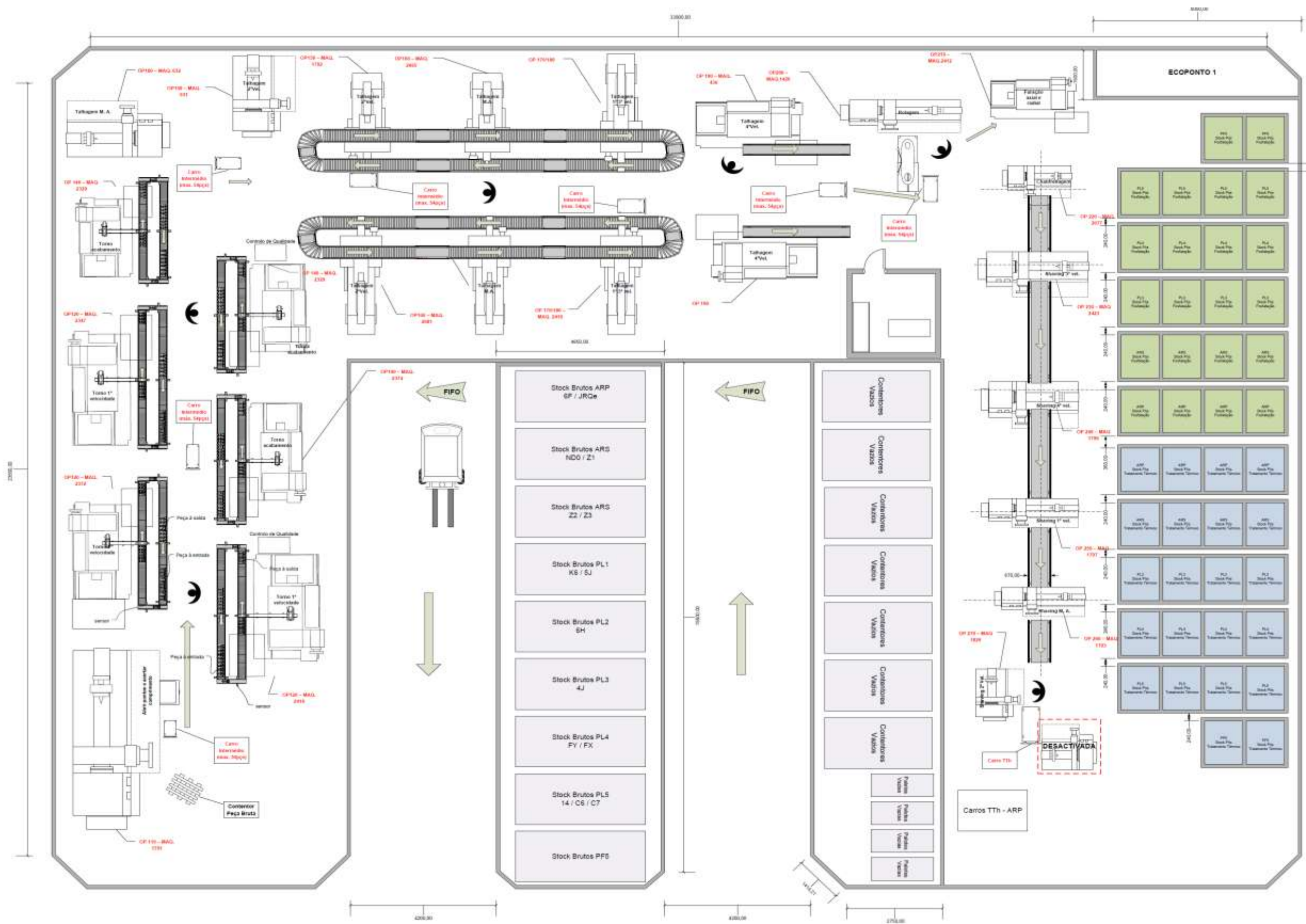
Coroa JR  
Ano 2010



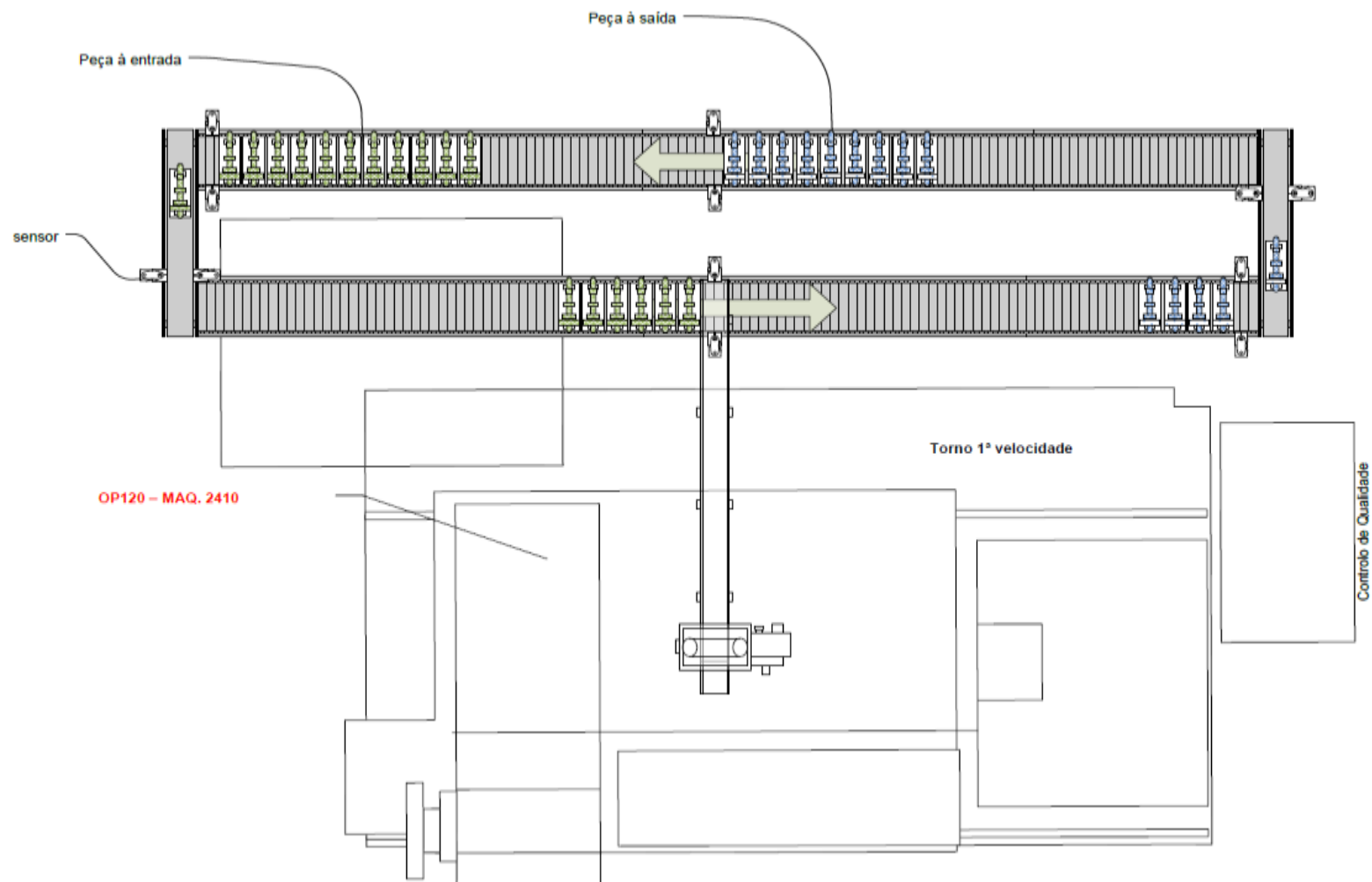
## Anexo 22 - VSM do Estado Futuro Atingível: Coroa Diferencial



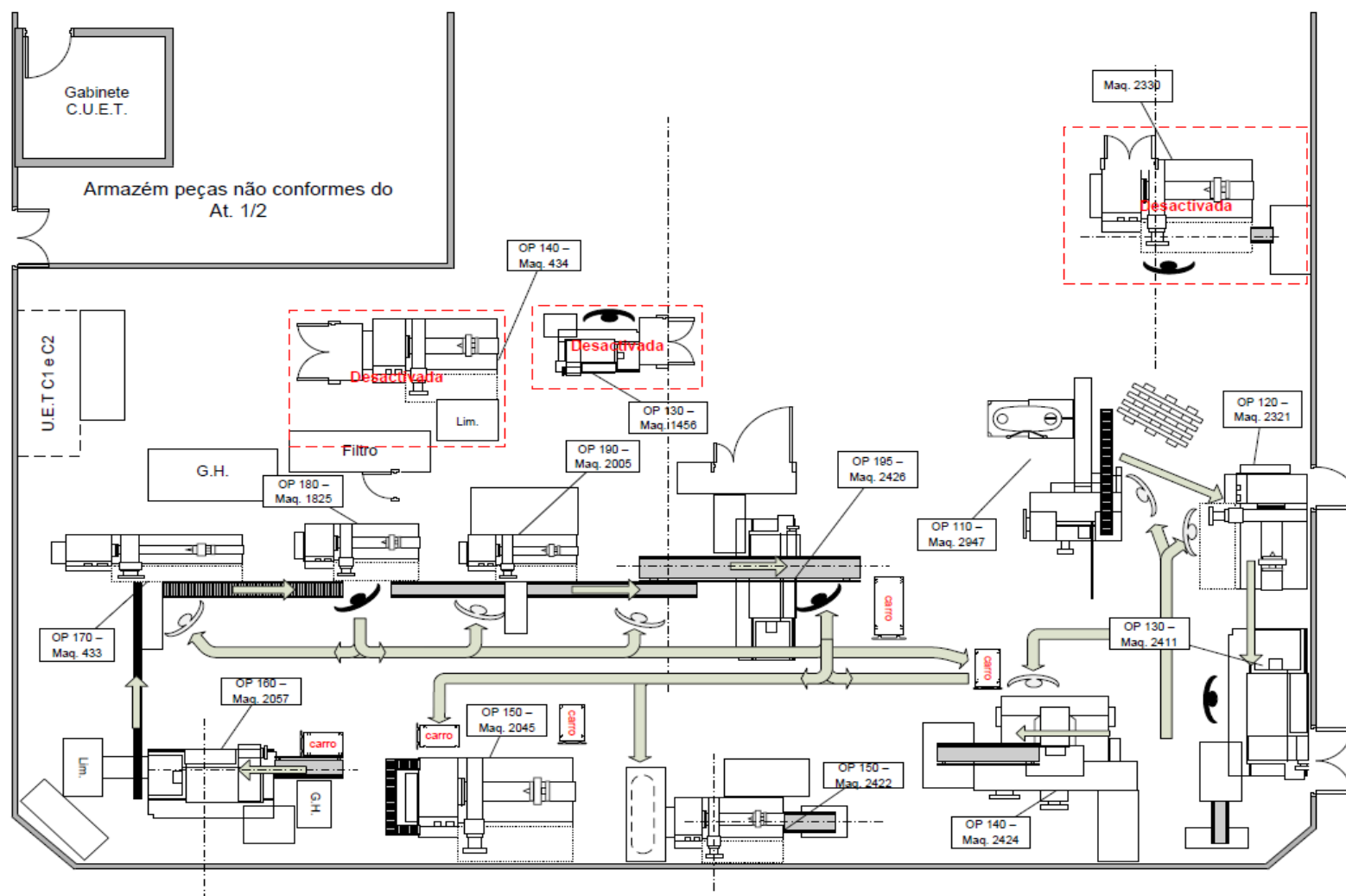




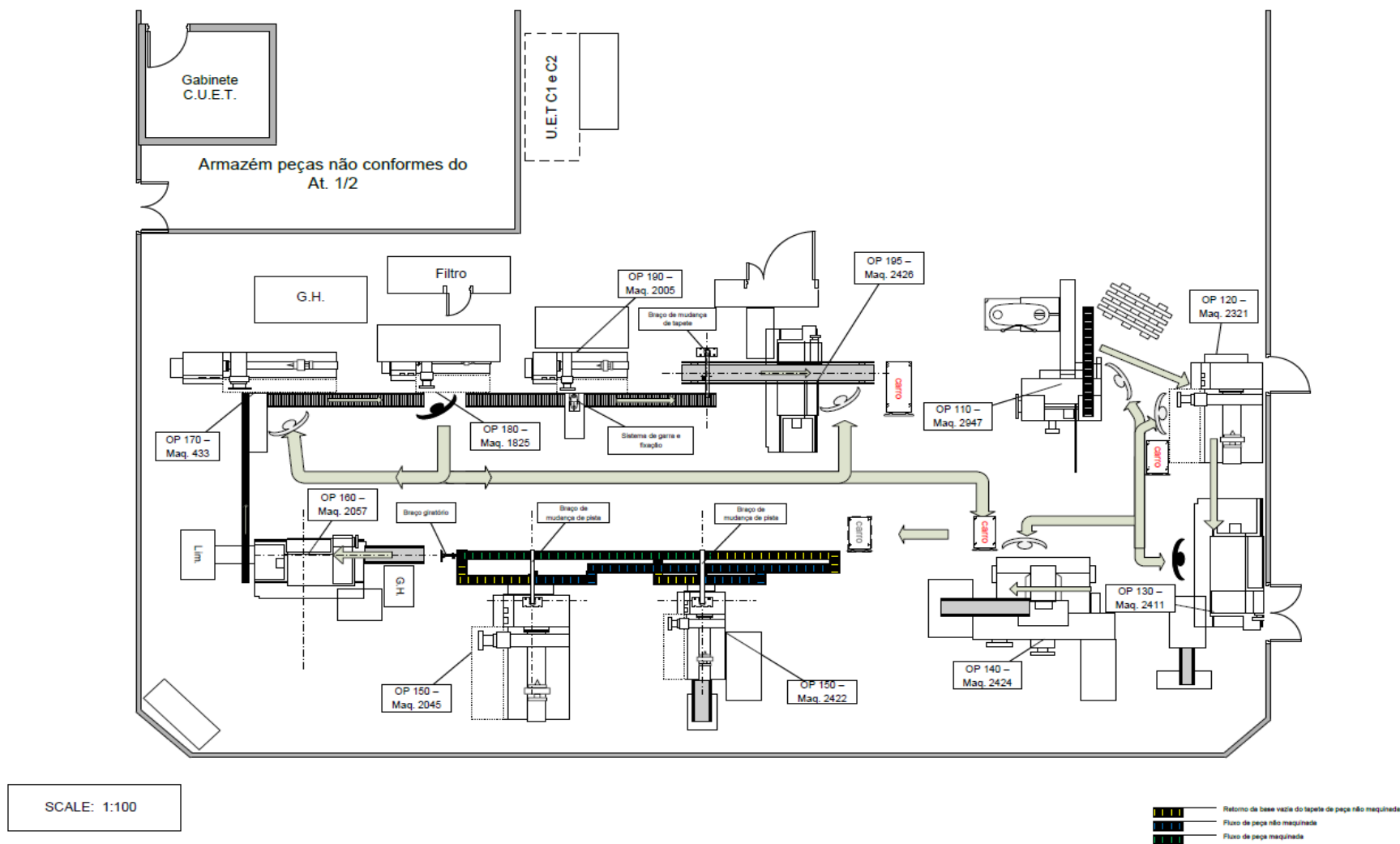
Anexo 24 - Re-layout da célula de Maquinação de Árvores Primárias



**Anexo 25 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes na Secção Torneamento de Árvores Primárias**

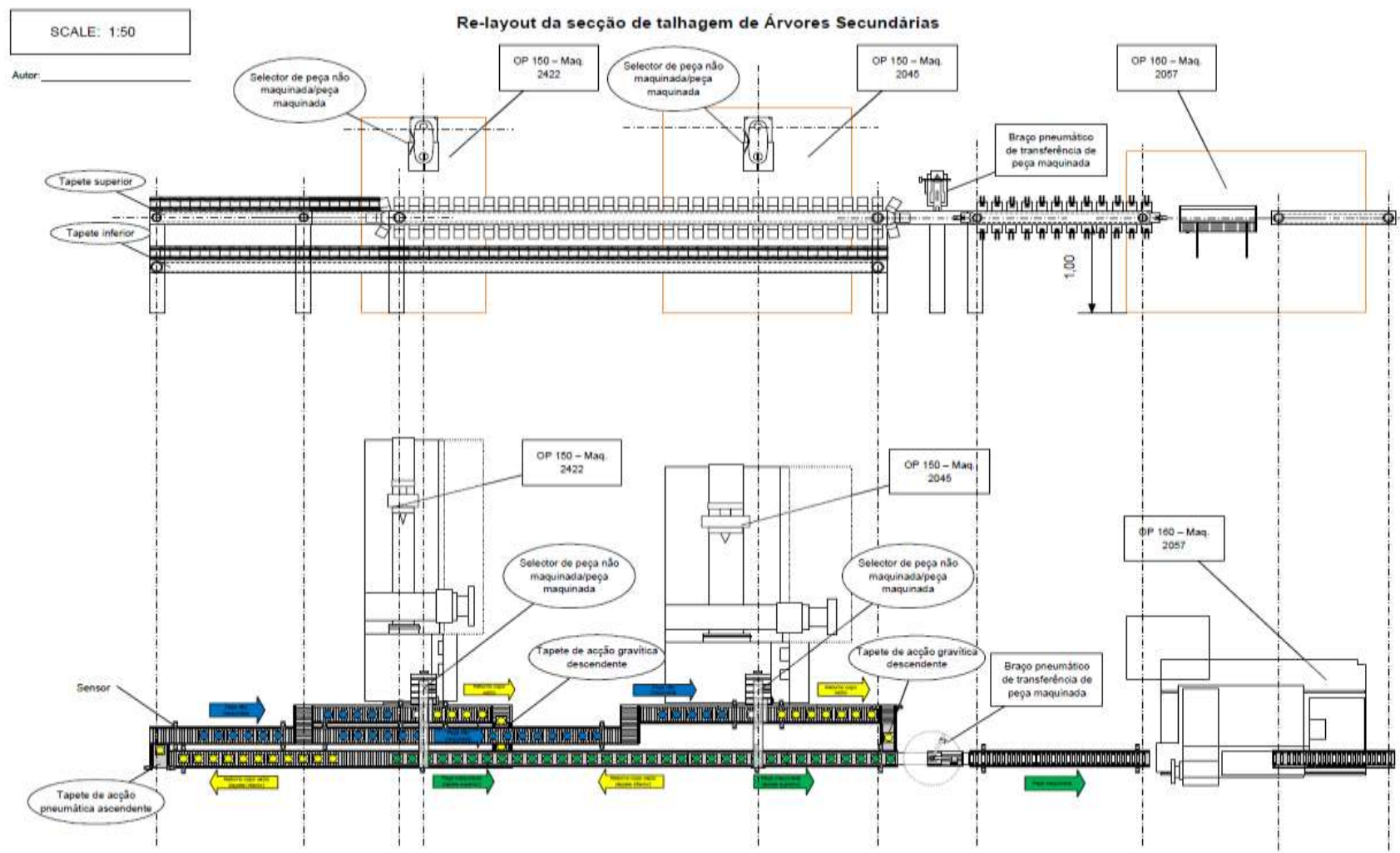


Anexo 26 - Layout de célula de Maquinação de Árvores Secundárias



**Anexo 27 - Re-layout da célula de Maquinação de Árvores Secundárias**





**Anexo 28 - Vista detalhada da implementação de tapetes rolantes nas máquinas de Talhagem de Árvores Secundárias**